



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN,
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK, DAN SISTEM
RANGKA BRESING KONSENTRIK MENGGUNAKAN
*OUTRIGGER***

YEHEZKIEL SEPTIAN YOGANATA
NRP. 3113 106 046

Dosen Pembimbing I
Data Iranata, S.T.,M.T.,Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN,
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK, DAN SISTEM
RANGKA BRESING KONSENTRIK MENGGUNAKAN
*OUTRIGGER***

YEHEZKIEL SEPTIAN YOGANATA
NRP. 3113 106 046

Dosen Pembimbing I
Data Iranata, S.T.,M.T.,Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – RC 14-1501

**COMPARATIVE STUDY OF THE BEHAVIOR OF BUILDINGS
USING MOMENT RESISTING FRAME, CONCENTRICALLY
BRACED FRAME, AND CONCENTRICALLY BRACED
FRAME USING *OUTRIGGERS***

YEHEZKIEL SEPTIAN YOGANATA
NRP. 3113 106 046

Supervisor I
Data Iranata, S.T.,M.T.,Ph.D.

Supervisor II
Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN,
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK, DAN SISTEM
RANGKA BRESING KONSENTRIK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
YEHEZKIEL SEPTIAN YOGANATA
NRP. 3113 106 046**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

- 
1. Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing I)
NIP. 19800430-200501-1002
 2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S. (Pembimbing II)
NIP. 19610311-198701-1001

**SURABAYA
JULI 2016**

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN, SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK
DAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIK
MENGUNAKAN *OUTRIGGER***

Nama Mahasiswa : Yehezkiel Septian Yoganata
NRP : 3113 106 046
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Data Iranata,S.T.,M.T.,Ph.D.
Ir. Heppy Kristijanto,M.S.

Abstrak

Struktur yang direncanakan harus mampu menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu-layan, awet, dan memenuhi ketahanan berat gedung, gaya gempa dasar dan perpindahan. Dengan permasalahan yang ada maka perlu adanya suatu sistem yang digunakan pada suatu gedung. Terdapat beberapa sistem yang dapat digunakan untuk menganalisa masalah tersebut.

Sebagai bahan studi akan dilakukan perhitungan terhadap variasi tinggi gedung yakni gedung 60, 50, 40, 30 dan 20 lantai dengan tinggi tiap lantai 4 m, panjang dan lebar bangunan 38 m dan 30 m, dan menggunakan tiga sistem yakni sistem rangka pemikul momen khusus ,sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsntrik khusus menggunakan outrigger.

Hasil yang diperoleh dari analisa ini, bangunan menggunakan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan outrigger lebih kuat terhadap gaya gempa dan perpindahan yang bekerja, dibandingkan dua sistem yang lain, meski dimensi yang dipakai lebih kecil. Hal ini dikarenakan fungsi outrigger untuk mereduksi simpangan lateral dan menahan momen guling.

Kata kunci: sistem rangka pemikul momen, sistem rangka bresing konsentrik, Outrigger

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

COMPARATIVE STUDY OF THE BEHAVIOR OF BUILDINGS USING MOMENT RESISTING FRAME, CONCENTRICALLY BRACED FRAME, AND CONCENTRICALLY BRACED FRAME USING OUTRIGGERS

Student Name : Yehezkiel Septian Yoganata
NRP : 3113 106 046
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Lecture Name : Data Iranata,S.T.,M.T.,Ph.D.
Ir. Heppy Kristijanto,M.S.

Abstract

The planned structure must be able to produce a structure that is stable, strong, capable steward, durable, and meets heavy resistance building, basic seismic force, and displacement. With the existing problems it is necessary the existence of a system that is use on a building. There are some systems that can be used to analyze the problem.

As study materials will be calculated against height variations that building 60,50,40,30, and 20 floors each floor premises 4 m high, length dan width are 38 m and 30 m, and using three the system bearers special moment resisting frame, special concentrically braced frame, and special concentrically braced frame using outriggers.

The resuslts obtained from this analysis, the building uses a special concentrically braced frame using outrigger is stronger against earthquake forces and displacement work than the other two systems, although the dimensions used are smaller than them. This is because the function to reduce the deviation of lateral outrigger and holding torque tube.

Keywords : Moment Resisting Frame, Concentrically Braced Frame, Outrigger

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, yang senantiasa mencurahkan kasih dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “Studi Perbandingan Perilaku Bangunan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen, Sistem Rangka Bresing Konsentrik, dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Menggunakan *Outrigger*”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua, kakak, adik, dan keluarga besar dari penulis, yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Tri Joko Wahyu, ST., MT., PhD selaku ketua jursan teknik sipil.
3. Data Iranata,ST,MT,PhD. dan Ir. Heppy Kristijanto,MS. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di Lintas Jalur S-1.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
7. Teman-teman seperjuangan dari Polinema 2010 yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Lintas Jalur S-langkatan 2014, dan semua rekan mahasiswa Teknik Sipil ITS lainnya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga tugas akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perencanaan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Ketentuan Umum	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	6
2.2.1 Sambungan Balok ke Kolom	7
2.2.2 Perbandingan Momen Kolom Terhadap Momen Balok.....	8
2.3 Sistem Rangka Bresing Konsentrik.....	9
2.3.1 Batang Bresing	11
2.3.2 Sambungan Batang Bresing	12
2.3.3 Kolom.....	13
2.4 Sistem Rangka Bresing Konsentrik menggunakan Outrigger.....	18
BAB III METODOLOGI	25
3.1 Umum.....	25
3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir	25
3.3 Data Perencanaan	26
3.4 Studi Literatur	27

3.5 Desain Awal Bangunan.....	27
3.6 Pembebanan	28
3.7 Pemodelan Analisa Struktur.....	34
3.7.1 Kontrol Desain	34
3.7.2 Balok	34
3.7.3 Kolom.....	37
3.8 Sambungan.....	41
3.9 Perbandingan Hasil	43
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER..	45
4.1 Perencanaan Pelat lantai.....	45
4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap.....	45
4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Perkantoran	47
4.2 Perencanaan Balok Anak	48
4.2.1 Balok Anak Lantai Atap (Bentang 8m).....	48
4.2.2 Balok Anak Lantai Atap (Bentang 6m).....	52
4.2.3 Balok Anak Lantai Perkantoran (Bentang 8m)	56
4.2.4 Balok Anak Lantai Perkantoran (Bentang 6m)	61
4.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift 1 Car.....	65
4.3.1 Spesifikasi Lift	65
4.3.2 Rencana Balok Penggantung Lift.....	68
4.4 Perencanaan Tangga dan Bordes.....	72
4.4.1 Perencanaan Tangga	72
4.4.2 Perencanaan Pengaku Anak Tangga	75
4.4.3 Perencanaan Bordes	77
4.4.3.1 Pelat Bordes	77
4.4.3.2 Perencanaan Balok Bordes	79
4.4.4 Balok Utama Tangga	81
4.4.5 Balok Penumpu Tangga	90
BAB V ANALISA PEMODELAN STRUKTUR.....	97
5.1 Data Perencanaan	97
5.2 Penentuan Beban-beban	101
5.3 Perhitungan Massa Bangunan	102
5.4 Kontrol Berat Bangunan	113

5.4.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	113
5.4.2 Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus	118
5.4.3 Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus Menggunakan Outrigger	123
5.5 Perbandingan Massa Bangunan	128
5.5.1 Bangunan 20 Lantai	128
5.5.2 Bangunan 30 Lantai	129
5.5.3 Bangunan 40 Lantai	130
5.5.4 Bangunan 50 Lantai	131
5.5.5 Bangunan 60 Lantai	132
5.6 Kombinasi Pembebanan	133
5.7 Pembebanan Gempa Dinamis	133
5.7.1 Arah Pembebanan	133
5.7.2 Parameter Respon Spektrum Rencana	134
5.8 Analisis Struktur	142
5.8.1 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum	142
5.8.2 Perbandingan Gaya Geser Dasar Ketiga Sistem	155
5.8.3 Kontrol Partisipasi Massa	159
5.8.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai (<i>Drift</i>)	167
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	189
6.1 Perencanaan Elemen Struktur Primer.....	189
6.1.1 Balok Induk	189
6.1.1.1 Balok Induk Memanjang	189
6.1.1.2 Balok Induk Melintang	191
6.1.2 Kolom	204
6.1.2.1 Kolom Lantai 1-10 SRPMK 20 Lantai	204
6.1.2.2 Kolom Lantai 1-10 SRBKK + Outrigger 60 Lantai	210
6.1.3 Bresing dan Outrigger	217
BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN.....	219
7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	219
7.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom	222
7.3 Sambungan Kolom dengan Kolom	227

7.4 Sambungan Pada Batang Bracing dengan Balok-Kolom.....	229
7.5 Sambungan Bracing dengan Balok Induk	232
7.6 Sambungan Outrigger dengan Balok Induk	235
BAB VIII PENUTUP	239
8.1 Kesimpulan	239
8.2 Saran	240
DAFTAR PUSTAKA	xxiii
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Hubungan Tegangan dan Regangan	5
Gambar 2.2 Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen	7
Gambar 2.3 Bresing Bentuk Cross	9
Gambar 2.4 Konfigurasi Sistem rangka Bresing Konsentrik.....	10
Gambar 2.5 Gaya yang Bekerja Pada Batang Diagonal Sistem CBF	11
Gambar 2.6 Sistem Belt Truss.....	18
Gambar 2.7 Braced Core, Kolom Eksterior, dan Cap Truss	19
Gambar 2.8 Outrigger Posisi di Atas.....	21
Gambar 2.9 Outrigger Posisi di Tengah	22
Gambar 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	25
Gambar 3.2 Denah Bangunan	27
Gambar 3.3 Sambungan	43
Gambar 4.1 Denah Pelat Lantai Atap.....	45
Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap.....	46
Gambar 4.3 Denah Pelat Lantai Hotel.....	47
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai	48
Gambar 4.5 Denah Balok Lantai Atap (8m)	49
Gambar 4.6 Denah Balok Lantai Atap (6m)	53
Gambar 4.7 Denah Balok Lantai Perkantoran (8m).....	57
Gambar 4.8 Denah Balok Lantai Perkantoran (6m).....	61
Gambar 4.9 <i>Lift</i>	66
Gambar 4.10 <i>Hoistway Section</i>	67
Gambar 4.11 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift .	69
Gambar 4.12 Diagram Momen Balok Penggantung Lift	70
Gambar 4.13 Denah Tangga.....	73
Gambar 4.14 Pelat Anak Tangga	74
Gambar 4.15 Model Pembebanan Pelat Tangga	75
Gambar 4.16 Denah Bordes	77
Gambar 4.17 Model Pembebanan Balok Utama Tangga	83
Gambar 4.18 Bidang M Balok Tangga.....	84

Gambar 4.19 Bidang D Balok Tangga	86
Gambar 4.20 Bidang N Balok Tangga	87
Gambar 4.21 Analisa Lendutan Balok Utama Tangga	89
Gambar 4.22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga	90
Gambar 4.23 Posisi MA,MB, dan MC Balok Penumpu Tangga	93
Gambar 5.1 Denah Bangunan.....	97
Gambar 5.2 Pemodelan 3D SAP2000	98
Gambar 5.3 Berat Total Bangunan SRPMK 20 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	113
Gambar 5.4 Berat Total Bangunan SRPMK 30 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	114
Gambar 5.5 Berat Total Bangunan SRPMK 40 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	115
Gambar 5.6 Berat Total Bangunan SRPMK 50 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	116
Gambar 5.7 Berat Total Bangunan SRPMK 60 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	117
Gambar 5.8 Berat Total Bangunan SRBKK 20 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	118
Gambar 5.9 Berat Total Bangunan SRBKK 30 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	119
Gambar 5.10 Berat Total Bangunan SRBKK 40 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	120
Gambar 5.11 Berat Total Bangunan SRBKK 50 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	121
Gambar 5.12 Berat Total Bangunan SRBKK 60 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	122
Gambar 5.13 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 20 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	123
Gambar 5.14 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 30 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	124
Gambar 5.15 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 40 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	125
Gambar 5.16 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger	

50 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	126
Gambar 5.17 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger	
60 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000	127
Gambar 5.18 Grafik Perbandingan Massa Bangunan	
20 Lantai.....	128
Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Massa Bangunan	
30 Lantai.....	129
Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Massa Bangunan	
40 Lantai.....	130
Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Massa Bangunan	
50 Lantai.....	131
Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Massa Bangunan	
60 Lantai.....	132
Gambar 5.23 Hasil Grafik Spektrum Respon Desain.....	138
Gambar 5.24 Grafik Perbandingan Base Shear pada	
ketiga sistem bangunan 20 Lantai	155
Gambar 5.25 Grafik Perbandingan Base Shear pada	
ketiga sistem bangunan 30 Lantai	156
Gambar 5.26 Grafik Perbandingan Base Shear pada	
ketiga sistem bangunan 40 Lantai	157
Gambar 5.27 Grafik Perbandingan Base Shear pada	
ketiga sistem bangunan 50 Lantai	158
Gambar 5.28 Grafik Perbandingan Base Shear pada	
ketiga sistem bangunan 60 Lantai	159
Gambar 5.29 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 20 Lantai..	160
Gambar 5.30 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 30 Lantai..	160
Gambar 5.31 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 40 Lantai..	161
Gambar 5.32 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 50 Lantai..	161
Gambar 5.33 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 60 Lantai..	162
Gambar 5.34 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 20 Lantai ..	162
Gambar 5.35 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 30 Lantai ..	163
Gambar 5.36 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 40 Lantai ..	163
Gambar 5.37 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 50 Lantai ..	164
Gambar 5.38 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 60 Lantai ..	164
Gambar 5.39 Rasio Partisipasi Massa SRBKK+Outrigger	

20 Lantai.....	165
Gambar 5.40 Rasio Partisipasi Massa SRBKK+Outrigger 30 Lantai.....	165
Gambar 5.41 Rasio Partisipasi Massa SRBKK+Outrigger 40 Lantai.....	166
Gambar 5.42 Rasio Partisipasi Massa SRBKK+Outrigger 50 Lantai.....	166
Gambar 5.43 Rasio Partisipasi Massa SRBKK+Outrigger 60 Lantai.....	167
Gambar 5.44 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah X.....	168
Gambar 5.45 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah X.....	169
Gambar 5.46 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah Y.....	170
Gambar 5.47 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah Y.....	171
Gambar 5.48 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 30 Lantai Arah X.....	172
Gambar 5.49 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 30 Lantai Arah X.....	173
Gambar 5.50 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 30 Lantai Arah Y.....	174
Gambar 5.51 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 30 Lantai Arah Y.....	175
Gambar 5.52 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah X.....	176
Gambar 5.53 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah X.....	177
Gambar 5.54 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah Y.....	178
Gambar 5.55 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah Y.....	179
Gambar 5.56 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah X.....	180

Gambar 5.57 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah X.....	181
Gambar 5.58 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah Y.....	182
Gambar 5.59 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah Y.....	183
Gambar 5.60 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 60 Lantai Arah X.....	184
Gambar 5.61 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 60 Lantai Arah X.....	185
Gambar 5.62 Grafik Hasil <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 60 Lantai Arah Y.....	186
Gambar 5.63 Grafik Analisa <i>Drift</i> Tiap Tingkat Pada Bangunan 60 Lantai Arah Y.....	187
Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $900 \times 900 \times 12 \times 12$	205
Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $1000 \times 1000 \times 19 \times 19$	211

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rasio Tebal Terhadap Lebar: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Menahan Tekan Aksial	14
Tabel 2.2	Rasio Tebal Terhadap Lebar: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Menahan Tekan Lentur	16
Tabel 3.1	Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum dan Beban Hidup Terpusat Minimum	29
Tabel 3.2	Faktor Arah Angin (Kd).....	30
Tabel 3.3	Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	32
Tabel 3.4	Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x.....	32
Tabel 3.5	Simpangan Antar Lantai Ijin	33
Tabel 3.6	Jarak Tepi Minimum Dari Pusat Lubang Standar ke Tepi dari Bagian Yang Disambung	41
Tabel 5.1	Profil Baja Yang Digunakan	99
Tabel 5.2	Berat Bangunan Pada Sitem SRPMK	107
Tabel 5.3	Berat Bangunan pada Sistem SRBK	109
Tabel 5.4	Berat Bangunan pada Sistem SRBK menggunakan <i>Outrigger</i>	111
Tabel 5.5	Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 20 Lantai	114
Tabel 5.6	Berat total bangunan (1D+1L) SPRMK 30 Lantai	114
Tabel 5.7	Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 40 Lantai	115
Tabel 5.8	Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 50 Lantai	116
Tabel 5.9	Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 60 Lantai	117
Tabel 5.10	Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 20 Lantai	118
Tabel 5.11	Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 30 Lantai	119
Tabel 5.12	Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 40 Lantai	120
Tabel 5.13	Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 50 Lantai	121
Tabel 5.14	Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 60 Lantai	122
Tabel 5.15	Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+ Outrigger 20 Lantai	123
Tabel 5.16	Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+	

Outrigger 30 Lantai	124
Tabel 5.17 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+ Outrigger 40 Lantai	125
Tabel 5.18 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+ Outrigger 50 Lantai	126
Tabel 5.19 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+ Outrigger 60 Lantai	127
Tabel 5.20 Perhitungan Nilai \bar{N}	135
Tabel 5.21 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra (Sa)	138
Tabel 5.22 Periode Getar SRBKK dan SRBKK+Outrigger	140
Tabel 5.23 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 20 Lantai	144
Tabel 5.24 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 30 Lantai	145
Tabel 5.25 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 40 Lantai	146
Tabel 5.26 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 50 Lantai	146
Tabel 5.27 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 60 Lantai	147
Tabel 5.28 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 20 Lantai.....	148
Tabel 5.29 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 30 Lantai.....	149
Tabel 5.30 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 40 Lantai.....	149
Tabel 5.31 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 50 Lantai.....	150
Tabel 5.32 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 60 Lantai.....	151
Tabel 5.33 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 20 Lantai.....	151
Tabel 5.34 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 30 Lantai.....	152

Tabel 5.35 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 40 Lantai.....	153
Tabel 5.36 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 50 Lantai.....	154
Tabel 5.37 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 60 Lantai.....	154

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia harus didesain sebagai bangunan tahan gempa karena posisi wilayahnya yang rawan terhadap gempa. Apabila terjadi suatu gempa, maka struktur di atasnya akan mengalami pergerakan secara vertikal maupun secara lateral. Menurut Mc. Cormak (2002), hal yang perlu diperhatikan adalah kekuatan bangunan yang memadai untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya terutama lantai atas. Semakin tinggi bangunan, defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas. Pergerakan lateral akan memberikan beban lateral kepada struktur yang dapat menyebabkan struktur runtuh. Oleh karena itu untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur maka perlu adanya perencanaan bangunan struktur yang dapat memperhitungkan dampak dari gaya lateral yang bersifat siklik (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi.

Bangunan yang dikatakan tahan gempa adalah bangunan yang merespon gempa dengan sifat daktilitas yang mampu bertahan dari keruntuhan dan fleksibilitas yang cukup dalam meredam getaran gempa (Hoedajanto,2005). Faktor kekakuan dan stabilitas struktur menjadi paling dominan dalam desain bangunan tinggi. Apabila kekakuan struktur berkurang, maka simpangan yang terjadi akan membesar begitu juga sebaliknya.

Dalam suatu struktur bangunan ada beberapa macam struktur rangka yang digunakan, dan dalam struktur-struktur bangunan yang ada, masih sedikit bangunan gedung yang didesain menggunakan struktur rangka baja, sedangkan struktur rangka baja sendiri kini sudah berkembang dengan pesat. Pada struktur rangka baja terdapat beberapa sistem yang

dapat digunakan. Sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* merupakan sistem yang masih sedikit aplikasinya dibandingkan sistem konvensional. *Outrigger* adalah sebuah komponen struktur yang berfungsi mengikat dinding geser dengan kolom eksterior, penggunaan sistem ini pada struktur tahan gempa mampu meningkatkan kekakuan struktur sehingga mampu memperkecil nilai simpangan horisontal struktur gedung itu sendiri (Taranath,1997). Sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* dapat meminimalkan risiko kerusakan struktural dan non-struktural. Untuk bangunan bertingkat tinggi, khususnya di zona seismik aktif atau angin beban dominan, sistem ini dapat dipilih sebagai struktur yang tepat (Kian,2002).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Gazali (2013) tentang Sistem Rangka Pemikul Momen (*Momen Resisting Frame*), Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frame*) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik menggunakan *outrigger* terhadap variasi ketinggian gedung menggunakan analisa dua dimensi. Diperoleh hasil bahwa Sistem rangka Bresing Konsentrik menggunakan *outrigger* mampu menahan gaya-gaya yang terjadi dibandingkan dengan kedua sistem yang lain meski dimensi profil yang digunakan lebih kecil.

Pada studi ini akan membahas beberapa sistem yang digunakan pada pembangunan sebuah gedung yakni Sistem Rangka Pemikul Momen (*Momen Resisting Frame*), Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frame*) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik menggunakan *outrigger* terhadap variasi ketinggian gedung 20,30,40, 50, dan 60 lantai menggunakan analisa tiga dimensi.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam studi ini yaitu :

- a. Bagaimana *preliminary design* struktur tersebut?
- b. Bagaimana beban-beban yang terjadi pada struktur tersebut?

- c. Bagaimana pemodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000?
- d. Bagaimana kontrol desain struktur tersebut?
- e. Bagaimana hasil berat struktur, *drift*, gaya geser dasar dan perpindahan (*displacement*) dari perbandingan ketiga sistem tersebut?

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari studi ini adalah sebagai berikut :

- a. Menyusun *preliminary design* struktur tersebut.
- b. Menghitung beban-beban yang terjadi.
- c. Menganalisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000.
- d. Mengontrol desain struktur dari hasil analisa.
- e. Membandingkan ketiga sistem berdasarkan berat, *drift* (simpangan), gaya geser dasar, dan perpindahan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan pembahasan, maka perlu adanya penentuan pokok bahasan masalah, identifikasi permasalahan akan diperjelas dengan batasan – batasan sebagai berikut :

- a. Perencanaan atau desain elemen struktur dengan menggunakan standar nasional Indonesia (SNI) 1729-2015.
- b. Pembebanan menggunakan SNI 1727-2013.
- c. Jumlah lantai pada bangunan yang akan dibahas yakni 20,30,40, 50 dan 60 lantai.
- d. Struktur bangunan berada di zona rawan gempa
- e. Tidak memperhitungkan pondasi.
- f. Tidak membahas metode pelaksanaan, bahan, dan biaya.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan studi ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan di dunia teknik sipil dalam penggunaan *outrigger* pada struktur bangunan baja yang mengalami beban gempa.

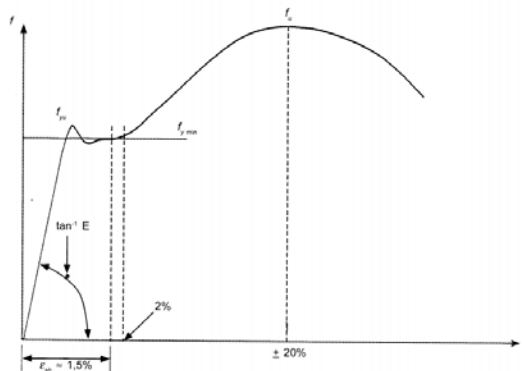
- b. Sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya mengenai penggunaan *outrigger*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketentuan Umum

Salah satu tahapan penting dalam perencanaan suatu struktur bangunan adalah pemilihan jenis material yang akan digunakan. Jenis-jenis material yang selama ini dikenal dalam dunia konstruksi antara lain adalah baja, beton bertulang, serta kayu. Material baja sebagai bahan konstruksi telah digunakan sejak lama mengingat beberapa keunggulannya dibandingkan material yang lain. (Setiawan, 2008).

Menurut Amon, dkk. (2000), sifat-sifat dari baja, baik sebagai bahan bangunan maupun dalam bentuk struktur terkendali dengan baik sekali, sehingga dapat diharapkan elemen-elemen dari konstruksi bisa berlaku sesuai dengan yang direncanakan. Adanya sifat daktilitas membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba. Sifat ini sangat menguntungkan ditinjau dari sudut keamanan penghuni bangunan bila terjadi suatu guncangan yang tiba-tiba seperti misalnya pada peristiwa gempa bumi.



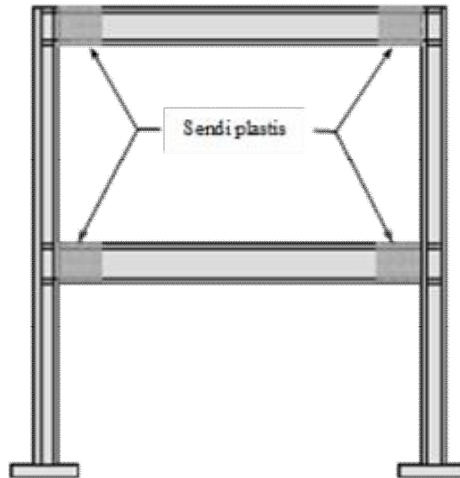
Gambar 2.1 Kurva Hubungan Tegangan (f) dan Regangan (ϵ)
Sumber : Setiawan (2008)

Menurut Sampakang, dkk (2013) dalam merencanakan bangunan tahan gempa terdapat tiga filosofi dasar yang harus dipenuhi struktur gedung. Pertama, struktur gedung mampu menahan gaya gempa kecil tanpa mengalami kerusakan nonstruktural sama sekali. Kedua, saat terjadi gempa bumi sedang (*moderate earthquakes*) kerusakan nonstruktural masih dapat diperbolehkan, akan tetapi elemen struktur utama gedung harus mampu menahan gaya gempa dan struktur masih berperilaku elastis. Ketiga, struktur gedung harus mampu menahan gempa besar tanpa mengakibatkan kerusakan besar pada elemen utama strukturnya dan juga dapat memberikan rasa aman bagi penghuni yang berada di dalam gedung tersebut.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem rangka pemikul momen khusus yaitu system rangka ruang dalam mana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial, system ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa tinggi yaitu di zona 5 hingga zona 6. Struktur harus direncanakan menggunakan system penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan *detailing* yang khusus dan mempunyai daktilitas penuh. (Oentoeng,2000)

Semua struktur akibat beban gempa akan melentur ke samping (Δ), begitu juga akibat beban gempa. Δ ini akan menimbulkan momen sekunder (disebut pengaruh P- Δ) oleh beban gravitasi yang titik tangkapnya menyimpang ke samping dan dengan demikian terjadi beban momen tambahan pada komponen-komponen kolom. (Purwono,2005)



Gambar 2.2. Sistem struktur rangka pemikul momen.

Sumber : AISC, 2005

2.2.1 Sambungan Balok ke Kolom

Rangka dianggap kaku ketika koneksi antara balok ke kolom mempunyai kekakuan yang cukup untuk menahan gaya dan hampir tidak berubah sudut asli antara sambungan tersebut. Sambungan yang sebenarnya harus dibuat menggunakan bahan, konfigurasi, proses dan kendali kualitas sehingga dapat menjamin keserupaannya dengan model uji sambungan. Balok dengan hasil pengujian tegangan leleh kurang dari 85% F_y tidak boleh digunakan dalam pengujian kualifikasi. (Taranath.1997)

Sambungan yang sebenarnya harus dibuat menggunakan bahan, konfigurasi, proses, dan kendali kualitas demikian sehingga dapat menjamin keserupaannya dengan model uji sambungan. Balok dengan hasil pengujian tegangan leleh kurang dari 85% f_{ye} tidak boleh digunakan dalam pengujian kualifikasi.

Pengujian sambungan balok-ke-kolom harus memperlihatkan kuat lentur, yang diukur di muka kolom,

sekurang-kurangnya sama dengan momen plastis nominal balok M_p pada saat terjadinya rotasi inelastis yang disyaratkan, kecuali bila:

- a) Kuat lentur balok lebih ditentukan oleh tekuk lokal daripada oleh tegangan leleh bahan, atau bila sambungan menghubungkan balok dengan penampang melintang yang direduksi maka kuat lentur minimumnya sama dengan $0,8 M_p$ dari balok pada pengujian;
- b) Sambungan-sambungan yang memungkinkan terjadinya rotasi dari komponen struktur yang tersambung dapat diijinkan, selama dapat ditunjukkan menggunakan analisis yang rasional bahwa tambahan simpangan antar lantai yang disebabkan oleh deformasi sambungan dapat diakomodasikan oleh struktur bangunan. Analisis rasional yang dilakukan harus memperhitungkan stabilitas sistem rangka secara keseluruhan dengan memperhatikan pengaruh orde kedua.

Gaya geser terfaktor, V_u , sambungan balok-ke-kolom harus ditentukan menggunakan kombinasi beban $1,2D+0,5L$ ditambah dengan gaya geser yang dihasilkan dari bekerjanya momen lentur sebesar 1 pada arah yang berlawanan pada masing-masing, $1R$ y fy Z ujung balok. Sebagai alternatif, nilai V_u yang lebih kecil dapat digunakan selama dapat dibuktikan menggunakan analisis yang rasional. Gaya geser terfaktor tidak perlu lebih besar daripada gaya geser yang dihasilkan oleh kombinasi pembebanan.

2.2.2 Perbandingan Momen Kolom Terhadap Momen Balok

Hubungan berikut ini harus dipenuhi pada sambungan balok ke kolom:

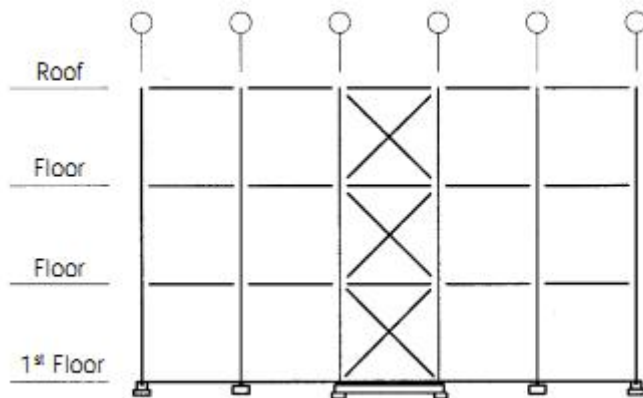
$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1 \quad (2-1)$$

$\sum M_{pc}$ adalah jumlah momen-momen kolom di bawah dan di atas sambungan pada pertemuan antara as kolom dan as balok.

$\sum M_{pb}$ adalah jumlah momen-momen balok-balok pada pertemuan as balok dan as kolom.

2.3 Sistem Rangka Bresing Konsentrik (Concentrically Braced Frames)

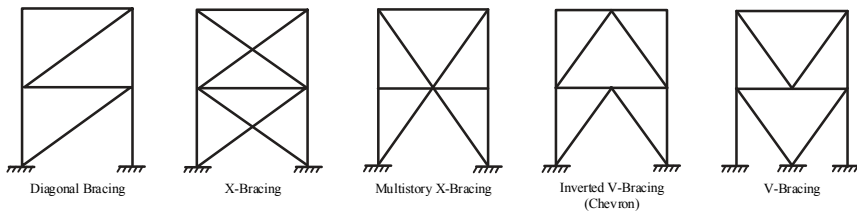
Sistem Rangka Bresing Konsentrik merupakan pengembangan dari sistem portal tak berpengaku atau lebih dikenal dengan Sistem Rangka Pemikul Momen. Sistem Rangka Bresing Konsentrik dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Hal ini bertolak belakang dengan sistem sistem rangka pemikul momen yang hanya bisa digunakan sebagai penahan momen. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Sistem ini penyerapan energinya dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul. (Pudjisuryadi,dkk.2006).



Gambar 2.3 Bresing bentuk Cross

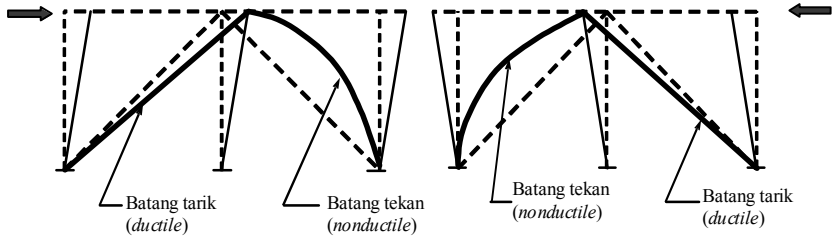
Sumber : Johnson (2002)

Sistem Rangka Bresing Konsentrik adalah sistem struktur yang dapat menahan beban lateral melalui sistem truss konsentris vertikal, sumbu dari anggota menyelaraskan konsentris pada sendi. Rangka bresing konsentrik cenderung efisien dalam menahan gaya lateral karena dapat memberikan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Karakteristik ini juga dapat menghasilkan respon seismik yang kurang menguntungkan, seperti kapasitas drift rendah dan percepatan tinggi. Rangka bresing konsentrik adalah baja struktural umum atau sistem komposit di daerah kegempaan apapun. Sistem rangka bresing konsentrik khusus adalah kelas khusus dari sistem rangka bresing konsentrik yang proporsional dan rinci untuk memaksimalkan kapasitas drift inelastis. Jenis sistem CBF didefinisikan hanya untuk baja struktural dan komposit struktural. (Sabelli,2013)



Gambar 2.4. Konfigurasi sistem rangka bresing konsentrik.
Sumber : Sabelli (2013)

Pada sistem CBF salah satu batangnya akan berperilaku sebagai batang tekan dan batang tarik tergantung dari pengaruh beban lateral akibat gempa. Sehingga perlu direncanakan dengan baik agar rangka tidak mengalami tekuk saat terjadi beban gempa siklik (bolak-balik). (Poerbo,2000)



Gambar 2.5. Gaya yang bekerja pada batang diagonal sistem CBF.

Sumber : AISC, 2005

Perilaku daktail sangat diharapkan ketika struktur digunakan untuk menyerap energi seperti ketika mengalami gerakan tanah yang kuat. Kapasitas baja tanpa fraktur dikombinasikan dengan kekuatan tinggi membuat bahan yang ideal untuk digunakan dalam sistem bresing konsentrik. (Taranath.1997)

2.3.1 Batang Bresing

1. Kelangsingan batang bresing harus memenuhi syarat kelangsingan yaitu

$$\frac{k_c L}{r} \leq \frac{2.625}{\sqrt{f_y}} \quad (2-2)$$

2. Beban aksial terfaktor pada batang bresing tidak boleh melebihi $\phi_c N_n$.
3. Distribusi Beban Lateral: Pada bidang bresing, batang-batang bresing harus dipasang dengan arah selang-seling, sedemikian rupa sehingga pada masing-masing arah gaya lateral yang sejajar dengan bidang bresing, minimal 30% tapi tidak lebih dari 70% gaya horizontal total harus dipikul oleh batang bresing tarik, kecuali jika kuat nominal tekan N_n untuk setiap bresing lebih besar daripada beban terfaktor N_u . Bidang bresing

adalah suatu bidang yang mengandung batang-batang bresing atau bidang-bidang paralel yang mengandung batang-batang bresing dengan jarak antar bidang-bidang tersebut tidak lebih dari 10% dimensi tapak bangunan tegak lurus bidang tersebut.

2.3.2 Sambungan Batang Bresing

1. Kuat Perlu:

Kuat perlu sambungan bresing (termasuk dalam hal ini sambungan-sambungan balok-ke-kolom yang merupakan bagian dari sistem bresing) harus diambil sebagai nilai terkecil dari hal-hal berikut:

- a) Kuat nominal aksial tarik batang bresing yang ditetapkan sebesar $R_y f_y A_g$;
- b) Gaya maksimum, berdasarkan hasil analisis, yang dapat dipindahkan oleh sistem struktur ke batang bresing.

2. Kuat Tarik:

Kuat tarik rencana batang-batang bresing dan sambungannya, berdasarkan kuat batas tarik fraktur pada luas netto penampang efektif dan kuat geser fraktur yang ditetapkan pada Butir 10, minimal sama dengan kuat perlu.

3. Kuat Lentur:

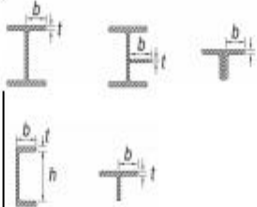
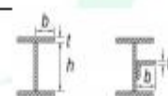
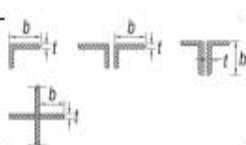

Pada bidang kritis di mana tekuk batang bresing akan terjadi maka kuat lentur rencana sambungan harus $\geq 1,1 R_y M_p$ (kuat lentur nominal yang diharapkan dari batang bresing terhadap sumbu tekuk kritisnya). Pengecualian: Sambungan-sambungan batang bresing yang memenuhi persyaratan yang dapat mengakomodasi rotasi inelastis sehubungan dengan deformasi bresing pasca tekuk, dan yang mempunyai kuat rencana minimal sama dengan $A_g f_{cr}$ (kuat tekan nominal batang bresing), dapat digunakan.

2.3.3 Kolom

Kolom pada SRBKK harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

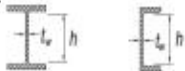

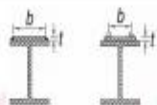


1. Perbandingan Lebar terhadap Tebal: Perbandingan lebar terhadap tebal penampang kolom dalam tekan yang diberi pengaku ataupun yang tidak diberi pengaku, harus memenuhi persyaratan untuk batang bresing.
2. Penyambungan: Selain harus memenuhi persyaratan-persyaratan, penyambungan kolom pada SRBKK juga harus direncanakan untuk mampu memikul minimal kuat geser nominal dari kolom terkecil yang disambung dan 50% kuat lentur nominal penampang terkecil yang disambung. Penyambungan harus ditempatkan di daerah $1/3$ tinggi bersih kolom yang di tengah.

Tabel 2.1 Rasio Tebal Terhadap Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur yang Menahan Tekan Aksial

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen tanpa pengaku	1	Sayap dari Profil I canal panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canal panas; kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T	blt	$0,56\sqrt{E/F_y}$	
	2	Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	blt	$0,64\sqrt{\frac{k_c E^{(a)}}{F_y}}$	
	3	Kaki dari siku tunggal, kaki dari siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tak-diperkaku lainnya	blt	$0,45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	stem dari T	blt	$0,75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	


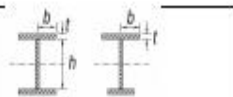

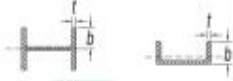
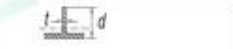
Sumber : SNI 1729-2015

Lanjutan Tabel 2.1 Rasio Tebal Terhadap Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur yang Menahan Tekan Aksial

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen yang diperkaku	5	badan dari profil I simetris ganda dan kanal	blt	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	dinding PSB persegi dan boks dari ketebalan merata	blt	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las	blt	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	blt	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	PSB bulat	Dlt	$0,11 \frac{E}{F_y}$	

Sumber : SNI 1729-2015

Tabel 2.2 Rasio Tebal Terhadap Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur yang Menahan Tekan Lentur

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
				λ_p (kompak)	λ_r (nonkompak)	
Elemen tanpa pengaku	10	Sayap dari profil I kanal panas, kanal, dan T	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	sayap dari profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{[a] [b] k_s E}{F_y}}$	
	12	kaki dari siku tunggal	b/t	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	sayap dari semua profil I dan kanal dalam lentur pada sumbu lemah	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Badan dari T	d/t	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Sumber : SNI 1729-2015

Lanjutan Tabel 2.2 Rasio Tebal Terhadap Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur yang Menahan Tekan Lentur

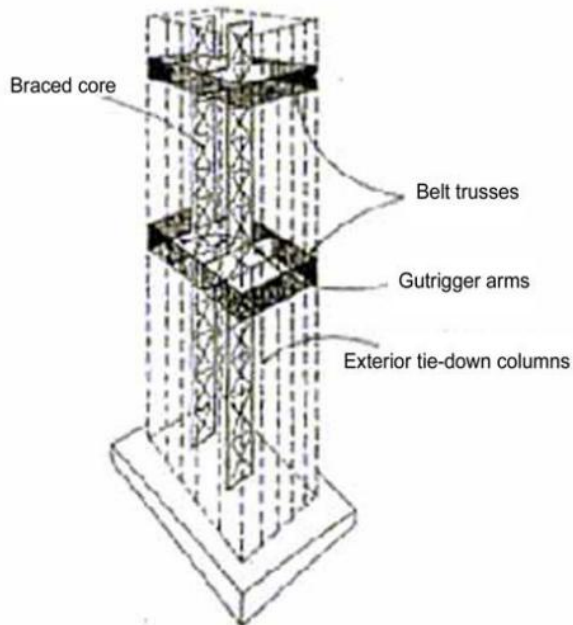
	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
				λ_p (kompak)	λ_r (nonkompak)	
Elemen yang diperkuat	15	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal	h/t_w	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Badan dari profil I simetris tunggal	h/t_w	$\frac{h_x}{h_y} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[\frac{c}{d} \right]$ $\left(0,54 \frac{M_x}{M_y} + 0,0 \right)$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Sayap dari PSB persegi dan kotak ketebalan merata	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambungan atau las	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Badan dari PSB persegi dan kotak	h/t	$2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	PSB bulat	D/t	$0,07 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,31 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

$k_s = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,75 untuk tujuan perhitungan.
 $F_x = 0,7 F_y$ untuk lentur sumbu mayor dari badan kompak dan nonkompak komponen struktur profil I tersusun
 $S_x/S_y \geq 0,7$; $F_x = F_y S_x/S_y$ untuk lentur sumbu mayor dari badan kompak dan nonkompak komponen struktur profil I tersusun dengan $S_x/S_y < 0,7$.
 M_p = momen pada leleh serat tertuar. M_p = momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)
 E = modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)
 F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

Sumber : SNI 1729-2015

2.4 Sistem Rangka Bresing Konsentrik menggunakan outrigger

Sistem ini sama seperti sistem rangka bresing konsentrik namun ditambahkan outrigger dan beltruss. Dimana fungsi outrigger yakni mereduksi simpangan lateral dan menahan momen guling. Beltruss yang disebut juga sebagai sistem virtual outrigger menjadi solusi mengatasi kelemahan yang dimiliki outrigger. Beltruss adalah struktur rangka batang yang ditempatkan pada kolom-kolom eksterior dan mengelilingi gedung bagian luar. (Taranath,1997).



Gambar 2.6 Sistem Belt Truss

Sumber : Taranath (1997)

Sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* dapat meminimalkan risiko kerusakan struktural

dan non-struktural. Untuk bangunan bertingkat tinggi, khususnya di zona seismik aktif atau angin beban dominan, sistem ini dapat dipilih sebagai struktur yang tepat. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas sistem outrigger. Faktor-faktor tersebut adalah kekakuan, lokasi outrigger, sistem belt truss, geometri, dan tinggi dari lantai ke lantai bangunan. Salah satu kelemahan menggunakan sistem ini pengurangan ruang yang dapat digunakan karena outrigger dipasang pada saat itu tingkat. Namun, masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan outrigger diagonal lebih dari dua. (Kian,2001)

Taranath (1997) menunjukkan bahwa lokasi optimum untuk outrigger tunggal adalah di ketinggian tengah bangunan untuk meminimalkan gaya lateral akibat beban angin.

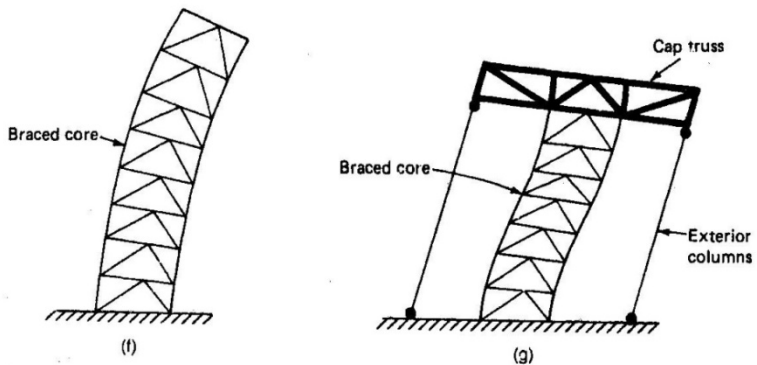


Figure 4.29 (Continued).

Gambar 2.7 Braced Core, Kolom Eksterior, dan Cap Truss

Sumber : Kian (2001)

Betruss ditempatkan pada kolom-kolom eksterior dan mengelilingi gedung bagian luar maka diasumsikan kaku. Kolom eksterior mengalami tekan aksial dan tegangan sama besarnya dengan hasil dari rotasi inti, maka jarak outrigger dari pusat inti $d/2$, deformasi aksial dari kolom sama dengan $\theta \times d/2$ dimana θ adalah rotasi inti dianggap $\theta=1$. Deformasi

aksial sama dengan $d/2$ dimana P adalah beban aksial dalam kolom yang sesuai dengan deformasi ini diberikan. Maka dapat ditulis :

$$P = \frac{AE d}{2L} \quad (2-3)$$

Dimana P = beban aksial dalam kolom

A = luas penampang kolom

E = Modulus Elastisitas

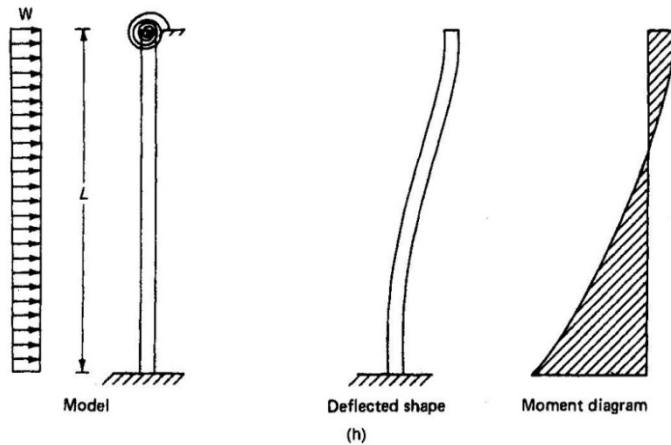
d = kolom terluar

L = tinggi bangunan

Rangkaian ini juga memulihkan kekakuan rotasi rangka yang diberikan oleh bangunan dari beban aksial dalam kolom dan jarak dari pusat inti. K digunakan sebagai notasi kekakuan, sehingga dapat ditulis :

$$\begin{aligned} K &= \sum P d_i^2 \\ &= P \times \frac{d}{2} \times 2 \\ &= P d \end{aligned} \quad (2-4)$$

Kasus 1. Outrigger berada di atas, $x=0$; $z=L$



Gambar 2.8 Outrigger Posisi di Atas

Rotasi dapat terjadi pada kondisi $Z = L$, dapat ditulis $\theta_w - \theta_s = \theta_L$

Dimana θ_w = rotasi kantilever saat $Z = L$

θ_s = perputaran oleh pengekang spring/pegas yang berlokasi di $Z=L$ (radian) tanda negatif menunjukkan arah perputaran sebaliknya.

θ_L = putaran akhir pada kantilever pada saat $Z = L$ (radian)

Untuk kantilever yang momennya seragam atau sama dengan inersia (I) dan modulus elastisitas (E), maka :

$$\theta_w = \frac{WL^3}{6EI} \quad (2-5)$$

Jika $M1$ dan $K1$ mewakili momen dan kekakuan dari spring berlokasi di $Z = L$, maka :

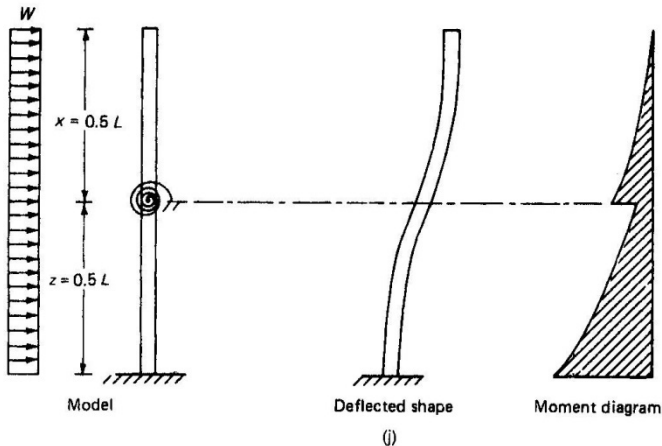
$$\frac{WL^3}{6EI} - \frac{M1L}{EI} = \frac{M1}{K1} \quad (2-6)$$

Dan $M1 = \frac{WL^3}{\frac{1}{K1} + \frac{L}{EI}}$ (2-7)

W defleksi mewakili momen yang tereduksi oleh spring dimana :

$$\begin{aligned}\Delta l &= \Delta \text{load} - \Delta \text{spring} \\ &= \frac{WL^4}{8EI} - \frac{M1L^2}{2EI} \\ &= \frac{L^2}{2EI} \left(\frac{WL^2}{4} - M1 \right)\end{aligned}$$
 (2-8)

Kasus 2. Outrigger berada di tengah bentang, $z=L/2$



Gambar 2.9 Outrigger Posisi di Tengah

Putaran pada saat $z = L/2$ beban eksternal W, dapat ditunjukkan pada persamaan $7WL^3/48EI$, memberikan perputaran dengan persamaan

$$\frac{7WL^3}{48EI} - \frac{M3L}{2EI} = \frac{M3}{K3}$$
 (2-9)

Dimana M3 dan K3 memiliki momen dan kekuatan dari spring pada $Z = L/2$ dengan catatan $K3=2K1$, persyaratan untu M3 bekerja sebagai berikut :

$$M_3 = \left(\frac{\frac{WL^3}{6EI}}{\frac{1}{K_1} + \frac{L}{EI}} \right) \chi \frac{7}{4} \quad (2-10)$$

Tanda dalam kurung memiliki persamaan M_1 , M_3 , dapat diwakili pada kondisi M_1

$$M_3 = 1,75 M_1 \quad (2-11)$$

Oleh penyimpangan diberikan persamaan:

$$\Delta 3 = \frac{WL^4}{8EI} - \frac{M_3 L}{2EI} \left(L - \frac{3L}{4} \right) \quad (2-12)$$

$$\Delta 3 = \frac{L^2}{2EI} \left(\frac{WL^2}{4} - 1.31 M_1 \right) \quad (2-13)$$

Harga K_1 dapat digunakan untuk persamaan kekakuan dari kekakuan spring ketika berlokasi di $Z = L$ dapat digunakan.

Gaya P pada tiap kolom eksterior dapat ditulis

$P = AE \delta / L$ dimana δ dapat disamakan dengan eksterior kolom atau tekanan unit putaran pada inti $\delta = d/2$ (d adalah jarak antar eksterior kolom).

$$P = \frac{AE}{L} \left(\frac{d}{2} \right) \quad (2-14)$$

Dan kontribusinya terhadap kekakuan K_1 diberikan oleh relasi

$$K_i = P \delta$$

$$K_i = \frac{A_1 E d^2}{L \cdot 2} \quad (2-15)$$

Total kontribusi dari semua kolom eksterior pada panjang diberikan oleh penjumlahan hubungan

$$K_1 = \sum_{i=1}^n K_i = \frac{d^2 E}{2L} \sum_{i=1}^n A_i \quad (2-16)$$

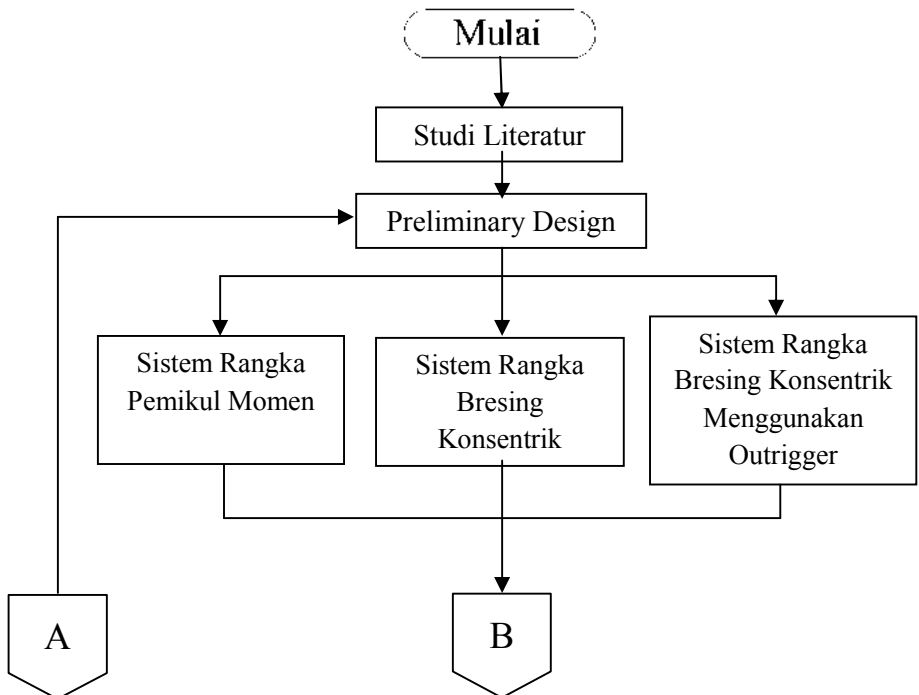
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

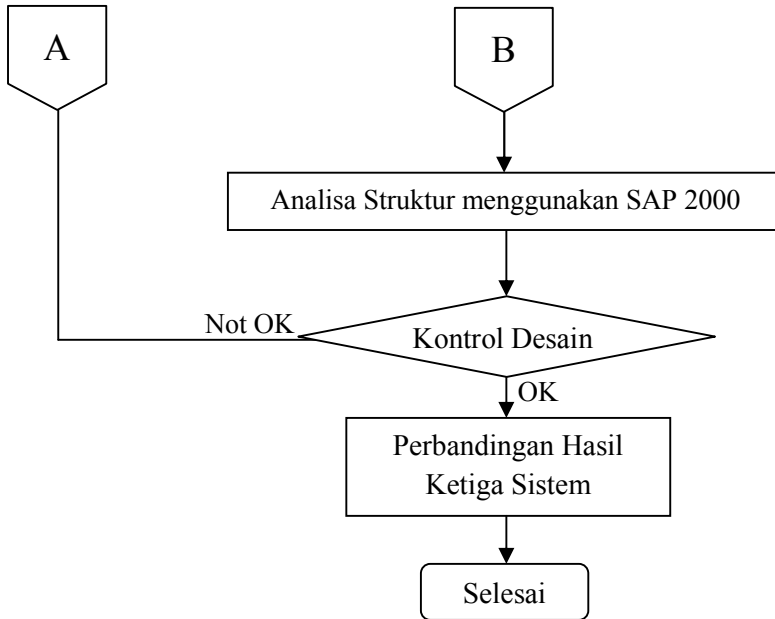
BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi ini akan menguraikan dan menjelaskan urutan pelaksanaan penyelesaian tugas akhir. Mulai dari literatur, preliminary design, analisa elemen (primer), analisa beban (gravitasi, angin, gempa), dan pedoman perencanaan, sampai dengan kesimpulan dari analisa struktur ini, yaitu untuk mendapatkan perencanaan gedung.

3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir



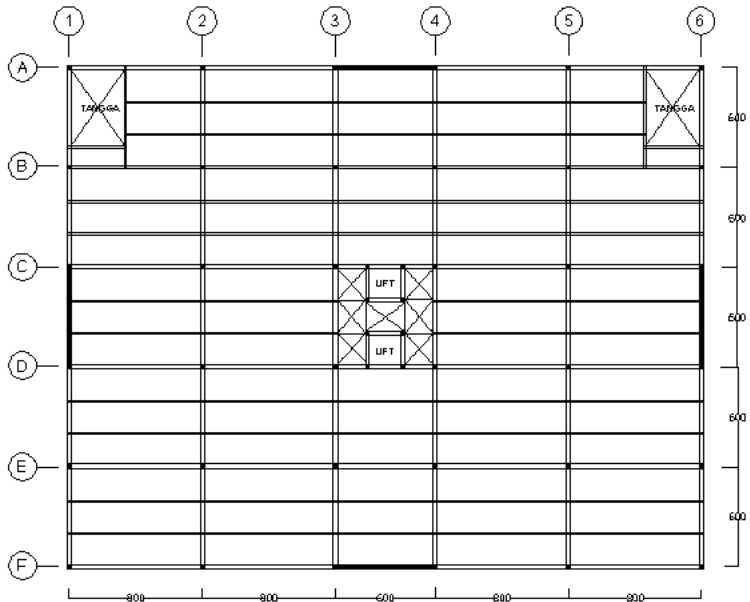


Gambar 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

3.3 Data Perencanaan

Direncanakan data bangunan meliputi :

Fungsi gedung	= Perkantoran
Lokasi	= Yogyakarta
Jumlah Lantai	= 20,30,40,50,60
Tinggi gedung	= 80 m, 120 m, 160 m, 200 m, 240 m
Struktur utama	= Baja
Sistem yang digunakan	= SRPMK, SRBKK, SRBKK menggunakan Outrigger



Gambar 3.2 Denah Bangunan

3.4 Studi Literatur

Melakukan studi referensi berupa peraturan, buku pustaka, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perencanaan struktur baja.

- 1.J Perencanaan atau desain elemen struktur dengan menggunakan standar nasional Indonesia (SNI) 1729-2015.
- 2.J Pembebanan menggunakan SNI 1727-2012.

3.5 Desain Awal Bangunan

Desain bangunan menggunakan tiga sistem yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus, dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger.

Profil Kolom : Profil CFT

Profil Balok	: Profil WF
Mutu baja	: BJ 41
Fy	: 250 MPa
Fu	: 410 Mpa

3.6 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan SNI 1726-2012. Pembebanan tersebut antara lain :

a.J Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

b.J Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Tabel 3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{dk} tidak boleh direduksi	n/a
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a, h}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsai dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a, k}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a, k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^f	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

c. JBeban Angin (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.3)

Bangunan gedung harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin.

Tabel 3.2 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame	
pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

d. JBeban Gempa Dinamis

a. J Lantai tingkat sebagai diafragma

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.3.1 bahwa analisis struktur harus memperhitungkan kekakuan relatif diafragma dan elemen vertikal sistem penahan gaya gempa, kecuali jika diafragma dapat diidealisasikan baik fleksibel ataupun kaku, analisis struktur harus secara eksplisit menyertakan peninjauan kekakuan diafragma (yaitu, asumsi pemodelan semi kaku).

b. J Arah Pembebanan

Arah penerapan beban gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang akan menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Arah penerapan gaya gempa diijinkan untuk memenuhi persyaratan ini menggunakan prosedur sesuai pasal 7.5.2 untuk kategori

desain seismik B, pasal 7.5.3 untuk kategori desain seismik C, dan 7.5.4 untuk kategori desain seismik D,E,F.

c.J Faktor Respon Gempa

Faktor respon gempa (C) dinyatakan dalam percepatan gravitasi dimana nilai faktor respon gempa bergantung pada waktu getar alami struktur gedung.

d.J Respon Spektrum Rencana

Dalam SNI 1726-2012 pasal 12.6.3.3 dinyatakan bahwa analisis respon spektrum harus dilakukan dengan menggunakan suatu nilai redaman ragam untuk ragam fundamental di arah yang ditinjau tidak lebih besar dari nilai yang terkecil dari redaman efektif sistem isolasi atau 30 persen redaman kritis.

e.J Periode (T)

Periode fundamental struktur, T, dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan, T_a .

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-1)$$

Keterangan :

H_n = ketinggian struktur (m)

C_t dan x ditentukan dari tabel

Tabel 3.3 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726-2012

Tabel 3.4 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber: SNI 1726-2012

f.J Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan menurut persamaan berikut :

$$V > 0,85 V_i \quad (3-2)$$

g.J Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

Tabel 3.5 Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{xx}^c$	$0,020 h_{xx}$	$0,015 h_{xx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^a	$0,010 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{xx}$	$0,007 h_{xx}$	$0,007 h_{xx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{xx}$	$0,015 h_{xx}$	$0,010 h_{xx}$

^a h_{xx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

e.J Kombinasi Pembebanan

$$1,4 D \quad (3-3)$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \quad (3-4)$$

$$1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (3-5)$$

$$1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \quad (3-6)$$

$$1,2 D + L + 1,0 E \quad (3-7)$$

$$0,9 D + 1,0 W \quad (3-8)$$

$$0,9 D + 1,0 E \quad (3-9)$$

Keterangan :

D = Beban Mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.

L = Beban Hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

E = Beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 1726 –2012.

Lr = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material,

atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

- W = Beban angin
R = Beban air hujan

3.7 Pemodelan dan Analisa Struktur

3.7.1 Kontrol Desain

Melakukan analisa struktur bangunan, dimana harus memenuhi syarat keamanan dan rasional sesuai batas-batas tertentu menurut peraturan. Dilakukan analisa apakah desain telah sesuai dengan syarat-syarat perencanaan dan peraturan angka keamanan, serta efisiensi. Bila telah memenuhi persyaratan, maka dapat dilanjutkan ke tahap pendetailan dan apabila tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan pendesainan ulang.

3.7.2 Balok

a.J Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b}{t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3-10)$$

$$\lambda_{Rw} = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{Rf} = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3-11)$$

b.J Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal SNI 1729:2015 Pasal 8.2 :

•J Penampang Kompak : $\lambda \leq \lambda_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y \quad (3-12)$$

•J Penampang Tidak Kompak : $\lambda < \lambda_p \leq \lambda_R$

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7 S_x f_y) \frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_R - \lambda_p)} \quad (3-13)$$

c.J Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

•J Plastis : $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3-14)$$

$$L_p = 176 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3-15)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3-16)$$

r_y = Jari-jari girasi terhadap sumbu lemah

•J Inelastis ($L_p \leq L_b \leq L_r$)

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 S_x f_y) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad (3-17)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_0} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E} \right)^2}}$$

$$r_{ts} = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (3-19)$$

$$C_w = \frac{1}{4} I_y h_0^2 \quad (3-20)$$

Keterangan

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 227 \quad (3-21)$$

$C_b=1,0$ untuk kantilever atau overhangs dimana ujung bebas yang tanpa dibreising

•J Elastis ($L_b > L_r$)

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3-22)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3-23)$$

d.J Kontrol Kuat Geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v \quad (3-24)$$

•J Plastis :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v=1,0 \quad (3-25)$$

• **Jnelastis :**

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \leq \frac{h}{tw} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad (3-26)$$

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}}{\frac{h}{tw}} \quad (3-27)$$

• **Elastis :**

$$\frac{h}{tw} > 1,37 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad (3-28)$$

$$C_v = \frac{1,51 K_v E}{\left(\frac{h}{tw}\right)^2 f_y} \quad (3-29)$$

$K_v = 5$ untuk $\frac{h}{tw} < 260$ *badan tanpapakuk transversal*

Untuk badan dengan pakuk transversal :

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 \text{ bila } \frac{a}{h} > 3,0 \text{ atau } \frac{a}{h} > \left[\frac{260}{h/tw}\right]^2 \quad (3-30)$$

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3-31)$$

e.J Kontrol Lendutan :

$$\bullet \Delta_{maks} = \frac{5qL^4}{384EI} \quad (\text{Untuk beban terbagi rata}) \quad (3-32)$$

$$\bullet \Delta_{maks} = \frac{PL^3}{48EI} \quad (\text{Untuk beban terpusat}) \quad (3-33)$$

$$\text{Dimana : } \bar{y} = \frac{L}{360} \quad (3-34)$$

3.7.3 Kolom

•J Kontrol Penampang :

Penampang tidak boleh termasuk dalam kategori penampang langsing :

Pelat Badan :

Pelat

Sayap :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \qquad \frac{b}{2tf} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3-35)$$

$$\lambda = \lambda_R$$

$$\lambda = \lambda_R$$

•J Kontrol Kekakuan Portal :

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.3.3)

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{I_b}{L_b} \right)} \quad (3-36)$$

Dari nilai G diperoleh nilai faktor panjang tekuk (k_c)

•J Amplikasi Momen Struktur Portal :

(SNI 1729:2015 pasal 8.2)

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \quad (3-37)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt} \quad (3-38)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{\left(1 - \alpha \frac{P_u}{P_{e1}} \right)} \geq 10 \quad (3-39)$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3-40)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3-41)$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \left(\alpha \frac{P_{story}}{P_{e story}} \right)} \quad (3-42)$$

$$P_{story} = R_M \frac{HL}{\Delta H} \quad (3-43)$$

$$R_M = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) \quad (3-44)$$

Keterangan :

$$\alpha = 1,0$$

P_{story} = Beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral (N)

$P_{e \text{ story}}$ = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan (N)

L = Tinggi tingkat (mm)

P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari rangka momen, jika ada, dalam arah translasi yang diperhitungkan

ΔH = Simpangan tingkat orde pertama, dalam arah translasi yang diperhitungkan akibat gaya lateral (mm)

H = Geser tingkat (N)

•J **Kontrol Tekuk-Lentur:** (SNI 1729:2015 pasal E3)

$$\lambda = \frac{KcL}{r} \quad (3-45)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (3-46)$$

$$\text{Bila } \lambda \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{F_e} \leq 2,25 \quad (3-47)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = \left[0,658 \frac{f_y}{F_e} \right] \quad (3-48)$$

$$\text{Bila } \lambda > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{F_e} > 2,25 \quad (3-49)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3-50)$$

•J **Kontrol Tekuk-Puntir** : (SNI 1729:2015 pasal E4)

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + G \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (3-51)$$

Nilai F_{cr} bisa dihitung dengan rumus 3. Atau 3.

•J **Kontrol Gaya Aksial dan Momen Lentur** :

(SNI 1729:2015 pasal F2)

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (3-52)$$

$$P_c = \phi P_n \quad (3-53)$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

Keterangan :

M_u = Momen lentur rencana (N.mm)

M_n = Kuat lentur nominal penampang (N.mm)

ϕ = Faktor reduksi (0.9)

Tekuk Torsi Lateral :

a. JBentang Pendek ($L_b \leq L_p$)

$$M_n = M_p = \frac{1}{\phi} f_y \quad (3-54)$$

$$L_p = 176 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3-55)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3-56)$$

r_y = Jari-jari girasi terhadap sumbu lemah

Keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh digunakan

b. JBentang Menengah ($L_p \leq L_b \leq L_r$)

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 S_x f_y) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad (3-57)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_0} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E} \right)^2}} \quad (3-58)$$

$$r_{ts} = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (3-59)$$

Keterangan

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{Max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 227 \quad (3-60)$$

$C_b=1,0$ untuk kantilever atau overhangs dimana ujung bebas yang tanpa dibreising

c.JBentang Panjang ($L_b > L_r$)

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3-61)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3-62)$$

Persamaan interaksi aksial momen (SNI 1729:2015 pasal H1) :

1.JJika $\frac{P_r}{P_c} \geq 02$, maka :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 10 \quad (3-63)$$

2.JJika $\frac{P_r}{P_c} < 02$, maka :

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 10 \quad (3-64)$$

3.8 Sambungan

Kuat rencana setiap komponen sambungan tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang dihitung. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan berikut:

- Gaya-dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan;
- Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan;
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

Sambungan Baut

h.J Kontrol jarak baut : (SNI 1729-2015 Ps. J3.3-5)

Spasi minimum : Jarak antara pusat-pusat standar , ukuran berlebih, dan lubang-lubang slot, tidak boleh kurang dari $2 \frac{2}{3}$ kali diameter nominal, d dari pengencang; suatu jarak $3d$ yang lebih disukai.

Tabel 3.6 Jarak Tepi Minimum Dari Pusat Lubang Standar ke Tepi dari Bagian Yang Disambung.

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	$1,25d$

^[a] Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.
^[b] Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

Sumber: SNI 1729-2015

Spasi Maksimum dan Jarak Tepi

Jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat dari bagian-bagian dalam kontak harus 12 kali ketebalan dari bagian yang disambung akibat perhitungan, tetapi tidak boleh melebihi 6 in. (150 mm). Spasi longitudinal pengencang antara elemen-elemen yang terdiri dari suatu pelat dan suatu profil atau dua pelat pada kontak menerus harus sebagai berikut :

- a.J Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tidak dicat yang tidak menahan korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 12 in. (305 mm).
- b.J Untuk komponen struktur tidak dicat dari baja yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmosferic, spasi tidak boleh melebihi

14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 7 in. (180 mm).

i.J Kekuatan rencana baut

a.J Kekuatan rencana geser baut

$$\phi R_n = F_n A_b \quad (3-65)$$

Keterangan:

$$\phi = 0,75$$

A_b = luas tubuh baut tidak berulir atau bagian ulir (mm²)

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} dari tabel J3.2 (MPa)

b.J Kekuatan rencana tumpu baut dengan plat

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (3-66)$$

Dimana :

$$F_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \quad F_{rv} \leq F_{nt} \quad (3-67)$$

Keterangan:

$\phi = 0,75$ adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek teg, geser (MPa)

F_{nt} = tegangan tarik nominal tabel J3.2, (MPa)

F_{nv} = tegangan geser dari tabel J3.2, (MPa)

F_{rv} = tegangan geser diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK (Desain faktor Beban dan Ketahanan), (MPa)

c.J Kekuatan baut memikul beban tarik

Kekuatan rencana tarik dari baut :

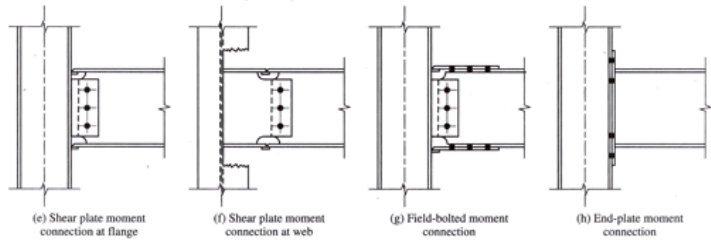
$$\phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \quad (3-68)$$

Dimana :

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut

ϕ_f = faktor reduksi (0,75)



Gambar 3.3 Sambungan

3.9 Perbandingan Hasil

Membandingkan hasil perhitungan tiga sistem, antara Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Rangka Bresing Konsentrik, dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik menggunakan outrigger.

“Halaman Ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

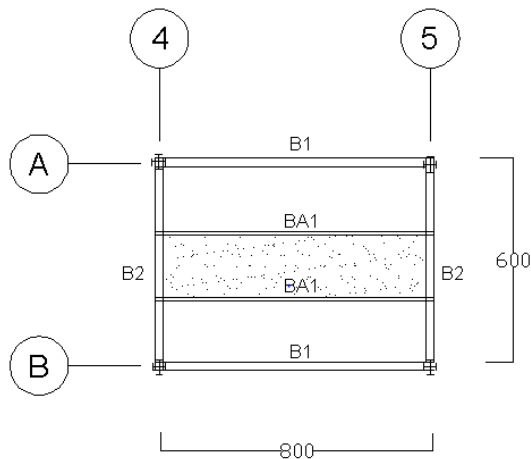
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Perencanaan Pelat Lantai

Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan Bondex dengan table perencanaan praktis yang ada dari PT BRC LYSAGHT INDONESIA. Struktur lantai direncanakan dengan menggunakan satu baris penyangga (one row props) selama proses pengerasan pelat beton. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- J Bondex Menggunakan Tebal 0,75 mm
- J Beton menggunakan mutu K-225 kg/cm²

4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap



Gambar 4.1 Denah Pelat Lantai Atap

Beban yang bekerja :

1. JBeban Mati (q_D)

Beban mati :

•J Berat penggantung + plafond	= 18	kg/m ²
•J Berat spesi t=2cm	= 42	kg/m ²
•J Berat ducting mekanikal	= 30	kg/m ² +
q_{Dtotal}	= 90	kg/m ²

2. JBeban Hidup (q_L)

- J Beban hidup (q_L) lantai atap = 20 psf = 97,64 kg/m² (SNI 1727:2013 tabel 4-1)

3. JBeban Berguna

$$\begin{aligned}
 Q_u &= q_D + q_L \\
 &= 90 + 97,64 \\
 &= 187,64 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4. JData-data perencanaan pelat bondek

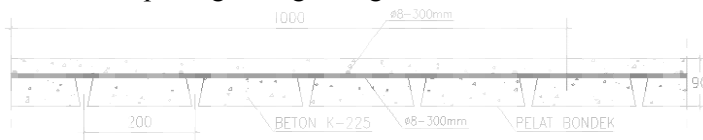
- J Bentang = 2 m
- J Beban berguna = 200 kg/m²
- J Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1,07 cm²/m
- J Digunakan tulangan Ø 8 ($A_s = 0,503 \text{ cm}^2$)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

$$-J n = \frac{168}{0,503} = 334 \approx 4 \text{ buah}$$

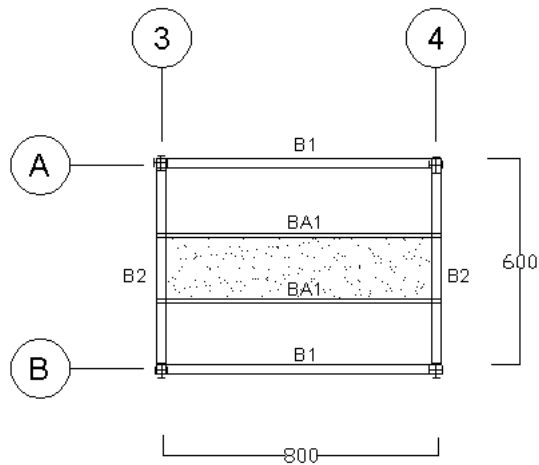
$$-J \text{ Jarak antar tulangan } \frac{1000}{4-1} = 333 \approx 300 \text{ mm}$$

-J Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 300



Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap

4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Perkantoran



Gambar 4.3 Denah Pelat Lantai Perkantoran

Beban yang bekerja :

1.J Beban Mati (q_D)

•J Berat penggantung + plafond	= 18	kg/m ²
•J Berat Keramik + spesi t=2cm	= 48	kg/m ²
•J Berat ducting mekanikal	= 30	kg/m ² +
q_{Dtotal}	= 96	kg/m ²

2.J Beban Hidup (q_L)

- J Beban hidup (q_L) lantai kantor = 50 psf = 244,1 kg/m²
(SNI 1727:2013 tabel 4-1)

3.J Beban Berguna

$$\begin{aligned}
 Q_u &= q_D + q_L \\
 &= 96 + 244,1 \\
 &= 340,1 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.J Data-data perencanaan pelat bondek

- J Bentang = 2 m
- J Beban berguna = 400 kg/m²

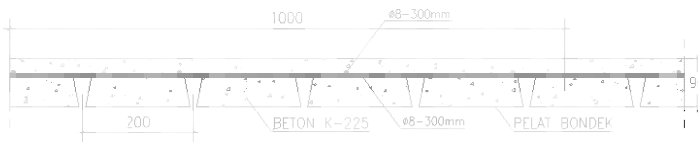
- J Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1,55 cm²/m
- J Digunakan tulangan Ø 8 (As = 0,503 cm²)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

$$-J \ n = \frac{168}{0,503} = 334 \approx 4 \text{ buah}$$

$$-J \text{ Jarak antar tulangan } \frac{1000}{4-1} = 333 \approx 300 \text{ mm}$$

-J Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 300



Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai

4.2 Perencanaan Balok Anak

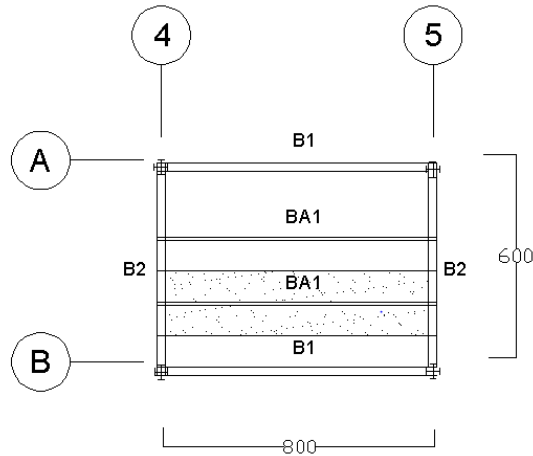
Fungsi dari balok anak adalah menerima beban dari pelat lantai lalu meneruskan serta membagi beban yang dipikul ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder, sehingga didalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

4.2.1 Balok Anak Lantai Atap (Bentang 8 m)

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 6 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 346	mm	ix	= 14,5	cm
bf	= 174	mm	iy	= 3,88	cm
tf	= 9	mm	Zx	= 689	cm ³
tw	= 6	mm	Zy	= 139	cm ³
A	= 52,68	cm ²	Sx	= 641	cm ³
q	= 41,4	kg/m	Sy	= 91	cm ³
Ix	= 11100	cm ⁴	r	= 14	cm

$$\begin{array}{ll}
 I_y & = 792 \text{ cm}^4 \\
 F_y & = 250 \text{ Mpa (BJ-41)}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ll}
 h & = d - 2(tf+r) \\
 & = 300 \text{ mm}
 \end{array}$$



Gambar 4.5 Denah Balok Lantai Atap (8m)

1. JBeban- Beban Yang Bekerja

•J Beban Mati (q_D)

Berat pelat bondek	=	10,1	kg/m ²
Berat beton 0,09 x 2400	=	216,0	kg/m ²
Berat pelat lantai	=	90,0	kg/m ²
	=	316,1	kg/m
316,1 kg/m ² x 2 m	=	632,2	kg/m
Berat profil	=	41,4	kg/m
q_{Dtotal}	=	673,6	kg/m

•J Beban hidup (q_L)

Beban hidup lantai atap = 97,64 kg/m²

$q_L = 2 \times 97,64 = 195,28 \text{ kg/m}$

•J Beban berfaktor (q_u)

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \cdot q_{Dtotal} + 1,6 \cdot q_L \\
 &= 1,2 \cdot 673,6 + 1,6 \cdot 195,28
 \end{aligned}$$

$$= 1120,77 \text{ kg/m}$$

2. J Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

• J Momen

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times L^2$$

$$Mu = \frac{1}{8} \times 1120,77 \times 8^2$$

$$Mu = 8966,14 \text{ kgm}$$

• J Gaya Geser

$$Vu = \frac{1}{2} \times qu \times L$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times 1120,77 \times 8$$

$$Vu = 4483,07 \text{ kg}$$

3. J Kontrol Kuat Momen Lentur

• J Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{174}{2 \times 9} = 9,7$$

$$\lambda_p = 0,8 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,8 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \text{ maka penampang kompak}$$

• J Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{6} = 50$$

$$\lambda_p = 0,8 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,8 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

• J Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \times F_y \\
 &= 641 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 1722500 \text{ kg.cm} = 17255 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

4. JKontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 0 cm (Tidak terjadi tekan pada sayap)

$$\begin{aligned}
 L_p &= 193,145 \text{ cm} \\
 L_r &= 533,944 \text{ cm}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_p &= 193,145 \text{ cm} \\ L_r &= 533,944 \text{ cm} \end{aligned}} \right\} \text{ Dari Tabel (} L_p \text{ \& } L_r \text{)}$$

$$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\
 &= 17255 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\
 &= 641 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 347500 \text{ kg.cm} = 3475 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\
 0,9 \times 17255 \text{ kgm} &\geq 8966,14 \text{ kgm} \\
 15502,5 \text{ kgm} &\geq 8966,14 \text{ kgm} \dots\dots \text{Oke}
 \end{aligned}$$

5. JPersamaan Interaksi

$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

$$\begin{aligned}
 \frac{8966,14}{0,9 \times 17255} &\leq 1 \\
 0,58 &\leq 1 \dots\dots \text{OKE}
 \end{aligned}$$

6. JKontrol Geser

$$V_u = 4483,072 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} ; k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$\frac{300}{6} \leq 11 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}}$$

$$50 \leq 69,57 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \phi V_n &= 0,9 \times (0,6 f_y A_w) \\ &= 0,9 \times (0,6 \times 2500 \times (34,6 \times 0,6)) = 28026 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ 28026 \text{ kg} &> 4483,072 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke} \end{aligned}$$

7.JLendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \cdot L^4}{E \cdot I_x}$$

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(6736 + 19528) 800^4}{2000000 \times 11100} = 2,087 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 2,222 \text{ cm} > 2,087 \text{ cm (Oke)}$$

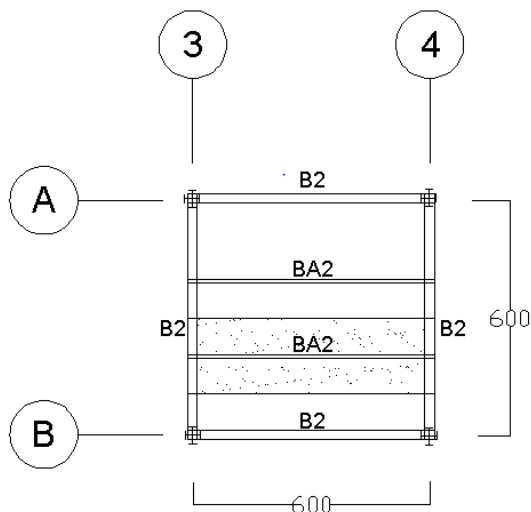
Jadi, Profil WF 250 x 175 x 7 x 11 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap bentang 8 m.

4.2.2 Balok Anak Lantai Atap (Bentang 6 m)

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 250 x 175 x 7 x 11, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 244 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 175 mm	iy	= 4,18 cm
tf	= 11 mm	Zx	= 535 cm ³
tw	= 7 mm	Zy	= 171 cm ³

A	= 56,24 cm ²	S _x	= 502 cm ³
q	= 44,1 kg/m	S _y	= 113 cm ³
I _x	= 6120 cm ⁴	r	= 16 cm
I _y	= 984 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
F _y	= 250 Mpa (BJ-41)		= 190 mm



Gambar 4.6 Denah Balok Lantai Atap (6m)

1.J Beban- Beban Yang Bekerja

•J Beban Mati (q_D)

Berat pelat bondek	=	10,1	kg/m ²
Berat beton 0,09 x 2400	=	216,0	kg/m ²
Berat pelat lantai	=	90,0	kg/m ²
	=	316,1	kg/m
316,1 kg/m ² x 2 m	=	632,2	kg/m
Berat profil	=	41,4	kg/m
q_{Dtotal}	=	673,6	kg/m

•J Beban hidup (q_L)Beban hidup lantai atap = 97,64 kg/m²

$$q_L = 2 \times 97,64 = 195,28 \text{ kg/m}$$

•J Beban berfaktor (q_u)

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \cdot q_{D \text{ total}} + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 673,6 + 1,6 \cdot 195,28 \\ &= 1124,01 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2.J Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

•J Momen

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\ M_u &= \frac{1}{8} \times 1124,01 \times 6^2 \\ M_u &= 5058,04 \text{ kgm} \end{aligned}$$

•J Gaya Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ V_u &= \frac{1}{2} \times 1124,01 \times 6 \\ V_u &= 3372,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.J Kontrol Kuat Momen Lentur

•J Pelat sayap

$$\begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &= \frac{175}{2 \times 11} = 7,95 \\ \lambda_p &= 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75 \\ \frac{bf}{2tf} &< \lambda_p \text{ maka penampang kompak} \end{aligned}$$

•J Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{190}{7} = 27,14$$

$$\lambda_p = 376 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 376 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10635$$

•J Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 535 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1337500 \text{ kg.cm} = 13375 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

4.J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 0 cm (Tidak terjadi tekan pada sayap)

$$\begin{aligned} L_p &= 208,082 \text{ cm} \\ L_r &= 689,211 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_p &= 208,082 \text{ cm} \\ L_r &= 689,211 \text{ cm} \end{aligned}} \right\} \text{ Dari Tabel (} L_p \text{ \& } L_r \text{)}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang Pendek}$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 13375 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 171 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 427500 \text{ kg.cm} = 4275 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 13375 \text{ kgm} &\geq 5058,04 \text{ kgm} \\ 12037,5 \text{ kgm} &\geq 5058,04 \text{ kgm} \dots\dots \text{Oke} \end{aligned}$$

5.J Persamaan Interaksi

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{\phi M_n} &\leq 1 \\ \frac{5058,04}{0,9 \times 13375} &\leq 1 \end{aligned}$$

$$0,42 \leq 1 \dots\dots \text{OKE}$$

6.J Kontrol Geser

$$V_u = 3372,024 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} ; k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$\frac{190}{7} \leq 11 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}}$$

$$27,14 \leq 69,57 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \phi V_n &= 0,9 \times (0,6 f_y A_w) \\ &= 0,9 \times (0,6 \times 2500 \times (24,4 \times 0,7)) = 23058 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$23058 \text{ kg} > 3372,024 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

7.J Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{600}{360} = 1,667 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \cdot L^4}{E \cdot I_x}$$

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(6763 + 1953) \cdot 600^4}{2000000 \times 6120} = 41,41 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 1,667 \text{ cm} > 1,202 \text{ cm (Oke)}$$

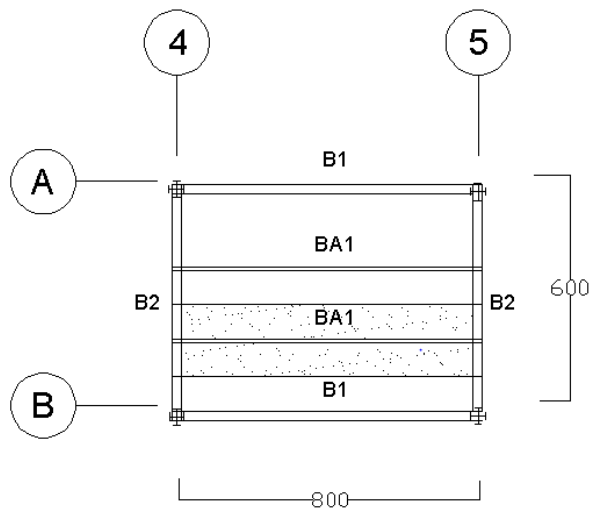
Jadi, Profil WF 250 x 175 x 7 x 11 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap bentang 6 m.

4.2.3 Balok Anak Lantai Perkantoran (Bentang 8 m)

Balok anak yang terletak pada lantai akan difungsikan sebagai perkantoran direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

$$d = 336 \text{ mm} \qquad i_x = 14,5 \text{ cm}$$

bf	= 249 mm	iy	= 5,92 cm
tf	= 12 mm	Zx	= 1163 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 377 cm ³
A	= 88,15 cm ²	Sx	= 1100 cm ³
q	= 69,2 kg/m	Sy	= 248 cm ³
Ix	= 18500 cm ⁴	r	= 20 cm
Iy	= 3090 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 272 mm



Gambar 4.7 Denah Balok Lantai Perkantoran (8m)

1.J Beban- Beban Yang Bekerja

•J Beban Mati (q_D)

Berat pelat bondek	=	10,1	kg/m ²
Berat beton 0,09 x 2400	=	216,0	kg/m ²
Berat pelat lantai	=	96,0	kg/m ²
	=	316,1	kg/m
316,1 kg/m ² x 2 m	=	644,2	kg/m
Berat profil	=	69,2	kg/m
q_{Dtotal}	=	713,4	kg/m

•J Beban hidup (q_L)

$$\text{Beban hidup lantai} = 244,1 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 2 \times 244,1 = 488,2 \text{ kg/m}$$

•J Beban berfaktor (q_u)

$$q_u = 1,2 \cdot q_{D \text{ total}} + 1,6 \cdot q_L$$

$$= 1,2 \cdot 713,4 + 1,6 \cdot 488,2$$

$$= 1637,2 \text{ kg/m}$$

2.J Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

•J Momen

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times 1637,2 \times 8^2$$

$$M_u = 13097,6 \text{ kgm}$$

•J Gaya Geser

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times 1637,2 \times 8$$

$$V_u = 6548,8 \text{ kg}$$

3.J Kontrol Kuat Momen Lentur

•J Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{249}{2 \times 12} = 10,38$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \text{ maka penampang kompak}$$

•J Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\lambda_p = 376 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 376 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10635$$

•J Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1163 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2907500 \text{ kg.cm} = 29075 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

4.J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 0 cm (Tidak terjadi tekan pada sayap)

$$\begin{aligned} L_p &= 294,699 \text{ cm} \\ L_r &= 868,078 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_p &= 294,699 \text{ cm} \\ L_r &= 868,078 \text{ cm} \end{aligned}} \right\} \text{ Dari Tabel (} L_p \text{ \& } L_r \text{)}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang Pendek}$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 29075 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 377 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 942500 \text{ kg.cm} = 9425 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 29075 \text{ kgm} &\geq 13097 \text{ kgm} \\ 26167,5 \text{ kgm} &\geq 13097 \text{ kgm} \dots\dots \text{Oke} \end{aligned}$$

5.J Persamaan Interaksi

$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{13097}{0,9 \times 29075} + \frac{0}{0,9 \times 9425} \leq 1$$

$$0,501 \leq 1 \dots\dots \text{OKE}$$

6.J Kontrol Geser

$$V_u = 6548,8 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} \quad ; k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$\frac{272}{8} \leq 11 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}}$$

$$34 \leq 69,57 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \phi V_n &= 0,9 \times (0,6 f_y A_w) \\ &= 0,9 \times (0,6 \times 2500 \times (33,6 \times 0,8)) = 36288 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$36288 \text{ kg} > 6548,8 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

7.J Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{800}{360} = 2,222 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \cdot L^4}{E \cdot I_x}$$

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(7134 + 4382) 800^4}{2000000 \times 18500} = 1732 \text{ cm}$$

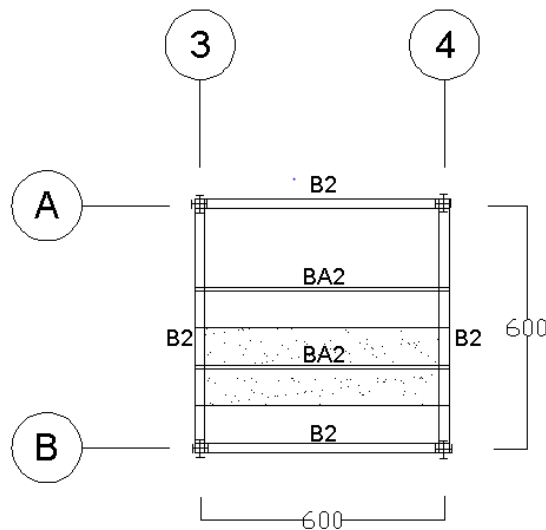
$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 2,222 \text{ cm} > 1732 \text{ cm (Oke)}$$

Jadi, Profil WF 350 x 250 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai bentang 8 m.

4.2.4 Balok Anak Lantai Perkantoran (Bentang 6 m)

anak yang terletak pada lantai akan difungsikan sebagai perkantoran direncanakan menggunakan WF 250 x 175 x 7 x 11, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 244 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 175 mm	iy	= 4,18 cm
tf	= 11 mm	Zx	= 535 cm ³
tw	= 7 mm	Zy	= 171 cm ³
A	= 56,24 cm ²	Sx	= 502 cm ³
q	= 44,1 kg/m	Sy	= 113 cm ³
Ix	= 6120 cm ⁴	r	= 16 cm
Iy	= 984 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 190 mm



Gambar 4.8 Denah Balok Lantai Perkantoran (6m)

1.J Beban- Beban Yang Bekerja

•J Beban Mati (q_D)		
Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m ²
Berat beton 0,09 x 2400	= 216,0	kg/m ²

Berat pelat lantai	=	96,0	kg/m ²
	=	322,1	kg/m
316,1 kg/m ² x 2 m	=	644,2	kg/m
Berat profil	=	44,1	kg/m
q_{Dtotal}	=	688,3	kg/m

•J Beban hidup (q_L)

$$\text{Beban hidup lantai atap} = 244,1 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 2 \times 244,1 = 488,2 \text{ kg/m}$$

•J Beban berfaktor (q_u)

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \cdot q_{D \text{ total}} + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 688,3 + 1,6 \cdot 488,2 \\ &= 1607,08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2.J Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

•J Momen

$$Mu = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$Mu = \frac{1}{8} \times 1607,08 \times 6^2$$

$$Mu = 7231,86 \text{ kgm}$$

•J Gaya Geser

$$Vu = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times 1607,08 \times 6$$

$$Vu = 4821,24 \text{ kg}$$

3.J Kontrol Kuat Momen Lentur

•J Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,95$$

$$\lambda_p = 0,38 x \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 x \sqrt{\frac{200000}{250}} = 107,5$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \text{ maka penampang kompak}$$

- J Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{190}{7} = 27,14$$

$$\lambda_p = 0,38 x \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 x \sqrt{\frac{200000}{250}} = 107,5$$

- J Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 535 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1337500 \text{ kg.cm} = 1337,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

4.J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 0 cm (Tidak terjadi tekan pada sayap)

$$L_p = 208,082 \text{ cm} \quad \left. \begin{array}{l} L_p \\ L_r \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel (} L_p \text{ \& } L_r \text{)}$$

$$L_r = 689,211 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 1337,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 171 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 427500 \text{ kg.cm} = 427,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 1337,5 \text{ kgm} &\geq 723,136 \text{ kgm} \\ 1203,75 \text{ kgm} &\geq 723,136 \text{ kgm} \dots\dots \text{Oke} \end{aligned}$$

5.J Persamaan Interaksi

$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{723,86}{0,9 \times 13375} + \frac{0}{0,9 \times 4275} \leq 1$$

$$0,601 \leq 1 \text{OKE}$$

6.J Kontrol Geser

$$V_u = 4821,24 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} ; k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$\frac{190}{7} \leq 11 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}}$$

$$27,14 \leq 69,57 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\text{Maka, } \phi V_n = 0,9 \times (0,6 f_y A_w)$$

$$= 0,9 \times (0,6 \times 2500 \times (24,4 \times 0,7)) = 23058 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$23058 \text{ kg} > 4821,24 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

7.J Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{600}{360} = 1,667 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \cdot L^4}{E \cdot I_x}$$

$$fx = \frac{5}{384} x \frac{(6883 + 4882) 600^4}{20000000 x 6120} = 1622 \text{ cm}$$

$f_{ijin} > fx \rightarrow 1,667 \text{ cm} > 1,622 \text{ cm}$ (Oke)

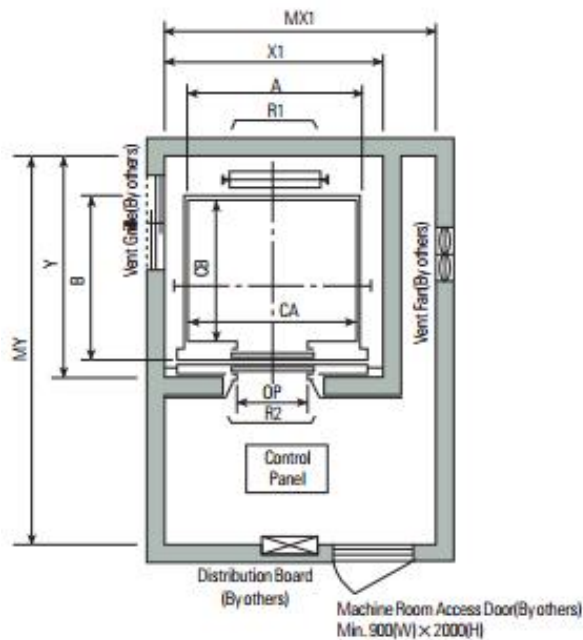
Jadi, Profil WF 250 x 175 x 7 x 11 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai bentang 6 m.

4.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift 1 Car

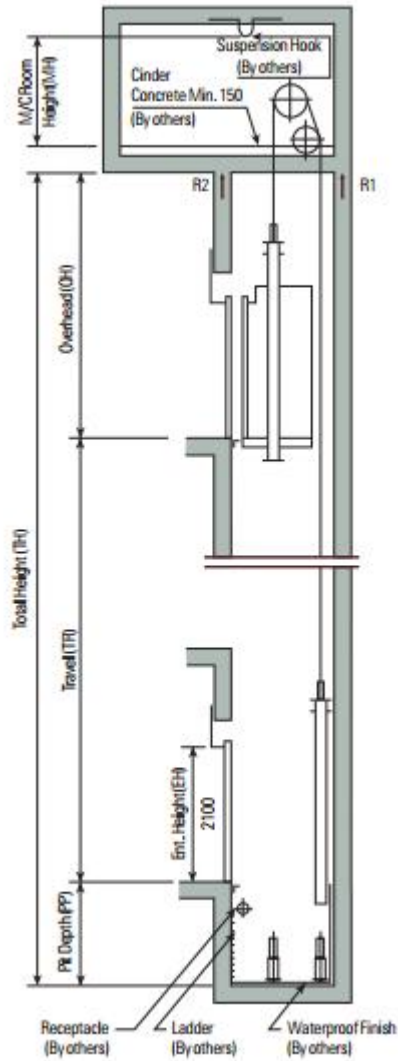
4.3.1 Spesifikasi Lift

Pada perencanaan balok lift meliputi balok- balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data- data sebagai berikut:

- J Tipe lift : *Passenger Elevators*
- J Merek : HYUNDAI
- J Kapasitas : 11 Orang / 750 kg
- J Lebar pintu (*opening width*) : 800 mm
- J Dimensi ruang luncur
(*hoistway inside*) 1 Car : 1800 x 1930 mm²
- J Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 1400 x 1350 mm²
 - Eksternal : 1460 x 1505 mm²
- J Dimensi ruang mesin (*1 Car*): 2000 x 3700 mm²
- J Beban reaksi ruang mesin :
 - $R_1 = 4550 \text{ kg}$
 - $R_2 = 2800 \text{ kg}$



Gambar 4.9 *Lift*



Gambar 4.10 *Hoistway Section*

4.3.2 Rencana Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 336 mm	ix	= 14,5 cm
bf	= 249 mm	iy	= 5,92 cm
tf	= 12 mm	Zx	= 1163 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 377 cm ³
A	= 88,15 cm ²	Sx	= 1100 cm ³
q	= 69,2 kg/m	Sy	= 248 cm ³
Ix	= 18500 cm ⁴	r	= 20 cm
Iy	= 3090 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 272 mm

•J Pembebanan Balok Penggantung Lift

-J Beban mati

Berat profil balok penggantung lift = 69,2 kg/m

Berat sambungan (10%) = 6,92 kg/m

qd = 76,12 kg/m

-J Beban hidup

Digunakan beban hidup untuk *maintenance*

Beban hidup terpusat (P) = 100 kg

-J Beban merata ultimate

qu = 1,2 x qd + 1,6 x P

= (1,2 x 76,12) + (1,6 x 100) = 251,34 kg/m

-J Beban terpusat lift

Pada pasal 4.7 Impact load RSNI-03-1727 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan beban lendutan atau spesifikasi teknik dari pembuat.

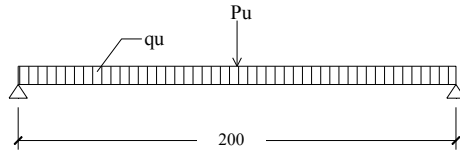
Pada tabel perencanaan lift diperoleh:

PU₁ = R₁. (1+100%)

= 4550 x (1+100%) = 9100 kg

$$\begin{aligned}
 PU_2 &= R_2 \cdot (1+100\%) \\
 &= 2800 \times (1+100\%) = 5600 \text{ kg} \\
 \text{Dipilih beban PU terbesar} &= 9100 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

•J Perhitungan Gaya Dalam Balok Penggantung Lift



Gambar 4.11 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift

-J Reaksi perletakan

$$\begin{aligned}
 Ra &= Rb = \frac{1}{2} \times qu \times L + \frac{1}{2} \times Pu \\
 &= \frac{1}{2} \times 25134 \times 2 + \frac{1}{2} \times 9100 \\
 &= 480134 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

-J Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 Mmax &= \frac{1}{8} \times qu \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L \\
 &= \frac{1}{8} \times 25134 \times 2^2 + \frac{1}{4} \times 9100 \times 2 \\
 &= 88169 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

-J Gaya geser

$$\begin{aligned}
 Vu &= Ra \\
 &= 480134 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

•J Kontrol Kuat Momen Lentur

-J Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{249}{2 \times 12} = 1038$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = 1075$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

-J Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = 106,5$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

-J Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 1163 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 2907500 \text{ kg.cm} = 29075 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

•J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 200 cm

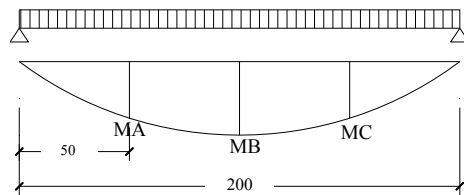
$L_p = 193,145 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)

$L_r = 533,944 \text{ cm}$ }

$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$

Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4.12 Diagram Momen Balok Penggantung Lift

$$M_A = M_C$$

$$\begin{aligned} &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) \\ &= 4803,44 \times 0,5 - 251,34 \times 0,5 \times 2/8 \\ &= 2369,254 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= M_{\text{Max}} \\ &= 4675,672 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{125 M_{max}}{25 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 23$$

$$= \frac{125467572}{25467572 + 3236954 + 4467572 + 3236954}$$

$$= 131 \leq 23 \rightarrow C_b = 131$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 1163 \cdot 2500 = 2907500 \text{ kg.cm} = 29075 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 1100 \cdot (2500 - 700) = 1980000 \text{ kg.cm} = 19800 \text{ kg.m}$$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right]$$

$$= 131 \left[19800 + (29075 - 19800) \frac{53344 - 200}{53344 - 19345} \right]$$

$$= 378507 \text{ kgm} > M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_p$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 29075 \text{ kg.m}$$

$$= 26168 \text{ kg.m} \geq 4675,672 \text{ kg.m}$$

•J Kontrol Geser

$$V_u = 4801,344 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{272}{8} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$34 \leq 6957 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (33,6 \times 0,8) = 40320 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 40320 \text{ kg}$$

$$= 36288 \text{ kg} > 4801,344 \text{ kg(OK)}$$

•J Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{200}{360} = 0556 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f^o = \frac{5((qdl + ql)/100)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{Pl^3}{48EI_x}$$

$$f^o = \frac{5 \times ((7612 + 100)/100) \times 2}{384 \times 2 \times 10^6 \times 18500} + \frac{9100 \times 200^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 18500}$$

$$= 0,81 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^o \rightarrow 0,556 \text{ cm} > 0,81 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

“ Profil WF WF 350 x 250 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift”

4.4 Perencanaan Tangga Dan Bordes

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada gedung perkantoran Unesa ini struktur tangga direncanakan menggunakan konstruksi dari baja.

Data Teknis Tangga

-J Mutu baja	= BJ-41
-J Tinggi antar lantai	= 400 cm
-J Tinggi bordes	= 200 cm
-J Panjang tangga	= 360 cm
-J Lebar tangga	= 120 cm
-J Lebar bordes	= 100 cm
-J Lebar injakan (i)	= 30 cm
-J Lebar pegangan tangga	= 10 cm

4.4.1 Perencanaan Tangga

Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

•J Perhitungan Jumlah Injakan dan Kemiringan Tangga

Tinggi injakan (t) = 16 cm

Jumlah tanjakan $= \frac{(400/2)}{16} = 12,5 \text{ buah} = 13 \text{ buah}$

Jumlah injakan (n) = 13 - 1 = 12 buah

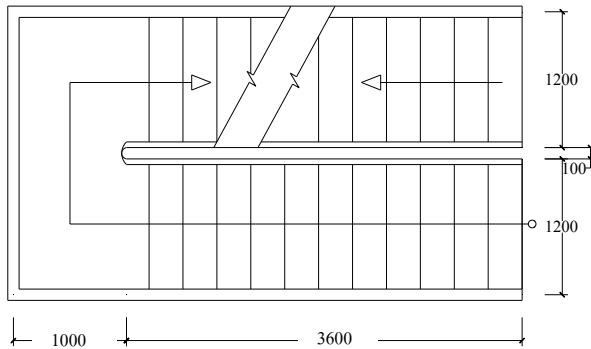
$60 \text{ cm} \leq (2 \times 16 + 30) \leq 65 \text{ cm}$

$60 \text{ cm} < (62) < 65 \text{ cm (OK)}$

Lebar bordes = 100 cm

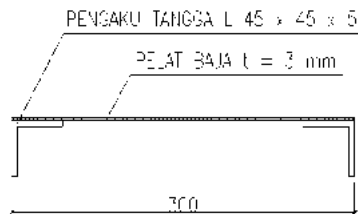
Lebar tangga = 120 cm

$\alpha = \arctan\left(\frac{(400/2)}{360}\right) = 29,05^\circ$



Gambar 4.13 Denah Tangga

•J Perencanaan Anak Tangga



Gambar 4.14 Pelat Anak Tangga

•J Perencanaan Tebal Anak Tangga

Tebal pelat tangga = 4 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

Mutu baja BJ 41 $\rightarrow f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

- J Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= 0,004 \times 1,2 \times 7850 = 37,68 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung (10\%)} &= 3,768 \text{ kg/m} + \\ q_D &= 41,45 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_L = 488,2 \times 1,2 = 586,08 \text{ kg/m}$$

- J Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 41,45 \times 0,3^2 = 0,47 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 586,08 \times 0,3^2 = 6,59 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/4 P_L l = 1/4 \times 136,1 \times 0,3 = 10,21 \text{ kg.m (menentukan)}$$

- J Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$M_U = 1,4 M_D = 1,4 \times 0,47 \text{ kgm} = 0,65 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned}M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 0,47 + 1,6 \times 10,21 \\ &= 16,89 \text{ kg.m (menentukan)}\end{aligned}$$

- J Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 b h^2 = 0,25 \times 120 \times 0,4^2 = 4,8 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 4,8 \times 2500 = 10800 \text{ kg.cm} \\ &= 108 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

$$108 \text{ kg.m} > 16,89 \text{ kg.m (OK)}$$

- J Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 0,4^3 = 0,64 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}f^o &= \frac{5 \left(\frac{(q_d l + q_l l)}{100} \right) l^4}{384 \cdot E I_x} \\ &= \frac{5((41,45 + 586,08)/100)30^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 0,64} = 0,052\end{aligned}$$

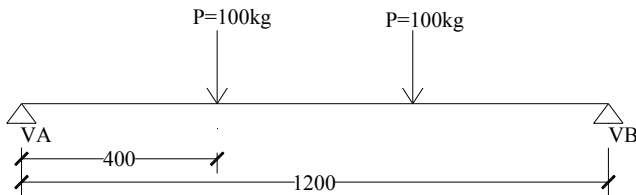
$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,052 < 0,083 \text{ cm}$$

4.4.2 Perencanaan Pengaku Anak Tangga

Direncanakan menggunakan profil siku 50 x 50 x 6 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} b = 50 \text{ mm} & I_x = 12,6 \text{ cm}^4 & Z_x = 3,55 \text{ cm}^3 \\ tw = 6 \text{ mm} & I_y = 12,6 \text{ cm}^4 & i_x = 1,5 \text{ cm} \\ W = 4,43 \text{ kg/m} & A = 5,644 \text{ cm}^2 & i_y = 1,5 \text{ cm} \end{array}$$

-J Perencanaan pembebanan



Gambar 4.15 Model Pembebanan Pelat Tangga

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = (0,3 \times 0,5) \times 0,004 \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$$

$$\begin{array}{l} \text{Berat baja siku } 50 \times 50 \times 6 \\ \hline = 4,43 \text{ kg/m} \\ = 9,14 \text{ kg/m} \end{array}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} \quad \hline = 0,91 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 10,05 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$q_L = 488,4 \times (0,3 \times 0,5) = 73,26 \text{ kg/m}$$

$$p_L = 136,1 \text{ kg}$$

-J Perhitungan M_D dan M_L

$$\begin{array}{l} M_D = 1/8 \times q_D \times L^2 \\ = 1/8 \times 10,05 \times 1,2^2 = 1,81 \text{ kg.m} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} M_L = 1/8 \times q_L \times L^2 \rightarrow \text{akibat beban merata} \\ = 1/8 \times 73,26 \times 1,2^2 = 13,18 \text{ kg.m} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} M_L = 1/3 \times P \times L \rightarrow \text{akibat beban terpusat} \\ = 1/3 \times 136,1 \times 1,2 = 54,44 \text{ kg.m} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} V_u = 12 (1/2 \times q_D \times 12) + 16 (1/2 \times P \times 2) \\ = 12 (1/2 \times 10,05 \times 12) + 16 (1/2 \times 136,1 \times 2) \\ = 225 \text{ kg} \end{array}$$

-J Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 1,81 + 1,6 \times 54,44 = 89,28 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

-J Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{6} = 8\bar{3}3$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10\bar{7}5$$

$\lambda < \lambda_p$ penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \times d) \frac{1}{2} d + (t_w(b-t_w)) \frac{1}{2} t_w \\ &= (0,6 \times 5) \frac{1}{2} \times 5 + (0,6 \times (5 - 0,6)) \frac{1}{2} \times 0,6 \\ &= 8,292 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 8,292 = 20730 \text{ kg.cm} \\ &= 207,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 207,3 \\ &= 186,57 \text{ kg.m} \geq 89,28 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

-J Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t} = \frac{(50 - 6)}{6} = 7\bar{3}3; \quad \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69\bar{5}7$$

$$\frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (5 \times 0,6) \\ &= 4500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 4500 \text{ kg} \\ &= 4050 \text{ kg} \geq 225 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

-J Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{120}{240} = 0.50$$

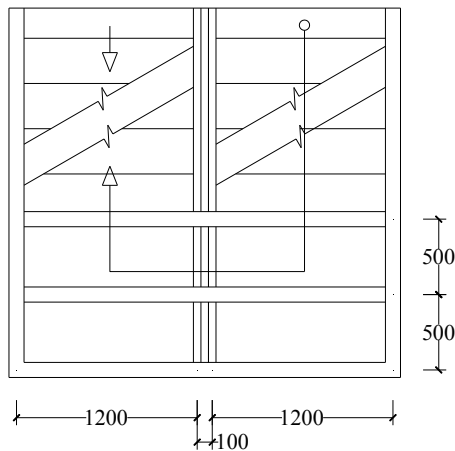
$$f^o = \frac{5((qdl + ql)/100)l^4}{384.EI_x} + \frac{23}{648} \frac{Pl^3}{EI_x}$$

$$f^o = \frac{5((1005 + 7323)/100)120^4}{384.210^6.125} + \frac{23}{648} \frac{136120^3}{210^6.125}$$

$$= 0.34$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0.34 \text{ cm} < 0.50 \text{ cm (OK)}$$

4.4.3 Perencanaan Bordes



Gambar 4.16 Denah Bordes

4.4.3.1 Pelat Bordes

Tebal pelat bordes	= 5 mm
Berat jenis baja	= 7850 kg/m ³
Mutu baja BJ 41 → fy	= 2500 kg/m ²

-J Perencanaan pembebanan pelat bordes
Beban mati

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat pelat} & = 0,005 \times 1,2 \times 7850 & = 47,10 \text{ kg/m} \\
 \text{Alat penyambung (10\%)} & & = 4,71 \text{ kg/m} + \\
 & & \hline
 & & q_D = 51,81 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Beban hidup

$$q_L = 488,4 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} = 586,08 \text{ kg.m}$$

-J Perhitungan M_D dan M_L

$$\begin{aligned}
 M_D &= 1/8 \times q_D \times l^2 \\
 &= 1/8 \times 51,81 \times (0,5)^2 = 1,62 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_L &= 1/8 \times q_L \times l^2 \\
 &= 1/8 \times 586,08 \times (0,5)^2 = 18,32 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

-J Kombinasi pembebanan M_U

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,4 M_D \\
 &= 1,4 \times 1,62 = 2,27 \text{ kg.m} \\
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 \times 1,62 + 1,6 \times 18,32 = 31,25 \text{ kg.m (menentukan)}
 \end{aligned}$$

-J Kontrol momen lentur

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 120 \times 0,5^2 = 7,5 \text{ cm}^3 \\
 M_n &= Z_x \cdot f_y = 7,5 \times 2500 \\
 &= 18750 \text{ kg.cm} = 187,5 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

-J Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 187,5 \\
 &= 168,75 \text{ kgcm} \geq 31,25 \text{ kgcm (OK)}
 \end{aligned}$$

-J Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}
 f_{ijin} &= \frac{L}{240} = \frac{50}{240} = 0,21 \\
 I_x &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 0,5^3 = 125 \text{ cm}^4 \\
 f^o &= \frac{5 \left(\frac{(q_d l + q_l l)}{100} \right) l^4}{384 \cdot E I_x} \\
 &= \frac{5((51,81 + 586,08)/100) 50^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 125} = 0,07 \\
 f^o &< f_{ijin} \rightarrow 0,07 \text{ cm} < 0,21 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.4.3.2 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 x 50 x 5 x 7

d	= 100 mm	ix	= 3,98 cm
bf	= 50 mm	iy	= 1,12 cm
tf	= 7 mm	Zx	= 42 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 9 cm ³
A	= 11,85 cm ²	Sx	= 37,5 cm ³
q	= 9,3 kg/m	Sy	= 5,91 cm ³
Ix	= 187 cm ⁴	r	= 16 cm
Iy	= 14,8 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 342 mm

-J Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0,005 \times 0,75 \times 7850 &= 29,44 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil} &&= \underline{9,3 \text{ kg/m}} + \\
 &&= 38,74 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan dll 10\%} &&= \underline{3,87 \text{ kg/m}} + \\
 q_D &&= 42,61 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\text{Lantai perkantoran} = 488,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban hidup (q}_L\text{)} = 0,75 \times 488,4 = 366,3 \text{ kg/m}$$

Perhitungan gaya dalam

$$\begin{aligned}
 V_D &= \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L \\
 &= \frac{1}{2} \times 42,61 \times 1,2 \\
 &= 25,57 \text{ kg} \\
 M_D &= \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 42,61 \times (1,2)^2 \\
 &= 7,67 \text{ kg.m} \\
 V_L &= \frac{1}{2} \times q_L \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 366,3 \times 1,2 \\
 &= 219,78 \text{ kg} \\
 M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 366,3 \times (1,2)^2 \\
 &= 65,95 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

-J Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} V_U &= 1,2V_D + 1,6V_L \\ &= 1,2(25,57) + 1,6(219,78) = 382,33 \text{ kg} \\ M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2(7,67) + 1,6(65,95) = 114,70 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

-J Kontrol penampang

Pelat sayap :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak} \end{aligned}$$

Pelat badan :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h}{tw} = \frac{100 - 2(8 + 7)}{5} = 14 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak} \end{aligned}$$

-J Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 42 \\ &= 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 1050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

-J Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 1050 \\ &= 945 \text{ kg.m} \geq 114,70 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

-J Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned} V_u &= 382,33 \text{ kg} \\ \frac{h}{tw} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{70}{5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ 14 &\leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis} \\ \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,5) = 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &\geq V_u \\ \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 7500 \text{ kg} \\ &= 6750 \text{ kg} > 382,33 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

-J Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{120}{360} = 0,33 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$\begin{aligned}f_x &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll)L^4}{EIx} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(4251 + 3663)10^{-2}120^4}{210^6187} \right) \\ &= 0,33 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 0,33 \text{ cm} > 0,33 \text{ cm (OK)}$$

Profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dapat digunakan sebagai balok bordes pada anak tangga”.

4.4.4 Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 100 x 4,5 x 7, dengan spesifikasi sebagai berikut :

d	= 198 mm	ix	= 8,26 cm
bf	= 100 mm	iy	= 2,21 cm
tf	= 7 mm	Zx	= 170 cm ³
tw	= 4,5 mm	Zy	= 35 cm ³
A	= 23,18 cm ²	Sx	= 160 cm ³
q	= 18,2 kg/m	Sy	= 23 cm ³
Ix	= 1580 cm ⁴	r	= 11 cm
Iy	= 114 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 162 mm

•J Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat } 0,004 \times (1,2 \times 0,5) \times 7850 = 18,84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku} = 4,43 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil balok } 18,2 / \cos(29,05) &= 20,82 \text{ kg/m} + \\ &= 44,09 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat alat penyambung } 10\% &= 4,41 \text{ kg/m} + \\ q_{D1} &= 48,50 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 488,4 \times 0,6 / \cos 29,05 = 335,23 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 48,50 + 1,6 \times 335,23 \\ &= 594,56 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

•J Perencanaan Pembebanan Dan Gaya Dalam Bordes

Beban mati

$$\text{Berat profil} = 18,20 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat bordes } 0,005 \times 0,6 \times 7850 &= 23,55 \text{ kg/m} + \\ &= 41,75 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat penyambung } 10\% &= 4,175 \text{ kg/m} + \\ q_{D2} &= 45,93 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

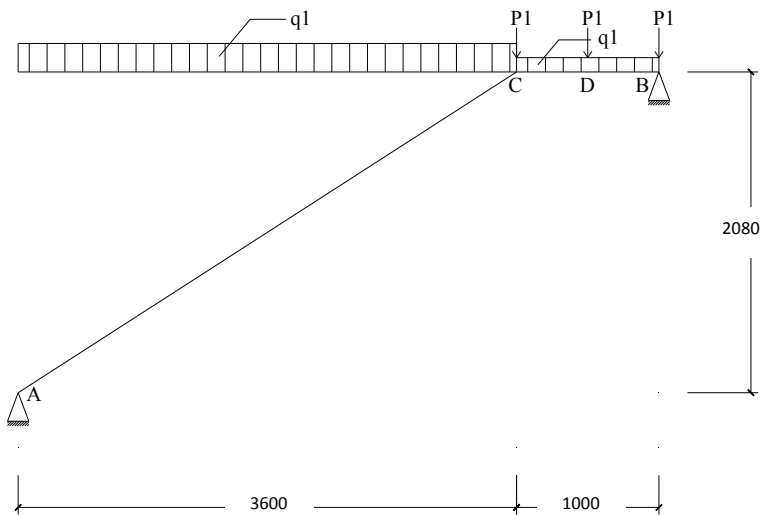
Beban hidup

$$q_{L2} = 488,4 \times 0,6 = 293,04 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2 q_{D2} + 1,6 q_{L2} \\ &= 1,2 \times 45,93 + 1,6 \times 293,04 = 518,96 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$p_1 = 9,3 \times 0,6 = 5,58 \text{ kg}$$



Gambar 4.17 Model Pembebanan Balok Utama Tangga

-JPerhitungan pembebanan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b \cdot 4,6 - p_1 \cdot 3,6 - p_1 \cdot 4,1 - p_1 \cdot 4,6 - q_{u1} \cdot 3,6 \cdot 1,8 - q_{u2} \cdot 1,4 \cdot 1 = 0$$

$$R_b = \frac{558 \times 3,6 + 558 \times 4,1 + 558 \times 4,6 + 594567 \times 3,6 \times 1,8 + 523974 \times 1 \times 1,4}{46}$$

$$= 1319,50 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a \cdot 4,6 - p_1 \cdot 1 - p_1 \cdot 0,5 - q_{u1} \cdot 3,6 \cdot 2,8 - q_{u2} \cdot 1 \cdot 0,5 = 0$$

$$R_a = \frac{558 \times 1 + 558 \times 0,5 + 594567 \times 3,6 \times 2,8 + 523974 \times 1 \times 0,5}{46}$$

$$= 1361,65 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = R_a + R_b - q_{u1} \times 3,6 - q_{u2} \times 1 - V \times 3$$

$$= 1361,65 + 1319,50 - 594,567 \times 3,6 - 523,974 \times 1 - 5,58 \times 3$$

$$= 0 \text{ (OK)}$$

Bidang M

-J a - c :

$$M_x = R_a \cdot x - \frac{1}{2} q u_1 \cdot x^2$$

$$= 1361,65 \cdot x - \frac{1}{2} 594,567 \cdot x^2$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 3,6 \text{ m}$$

$$M_c = 594,567 \cdot 3,6 - \frac{1}{2} \cdot 594,567 \cdot 3,6^2 = 1049,147 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = 1361,65 - 594,567 \cdot x = 0$$

$$x = 2,29 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 1361,65 \cdot 2,29 - \frac{1}{2} \cdot 594,567 \cdot 2,29^2$$

$$= 1559,195 \text{ kg.m}$$

-J b - d :

$$M_x = R_b \cdot x - \frac{1}{2} q u_2 \cdot x^2 - p \cdot x$$

$$= 1319,504 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 523,974 \cdot x^2 - 5,58 \cdot x$$

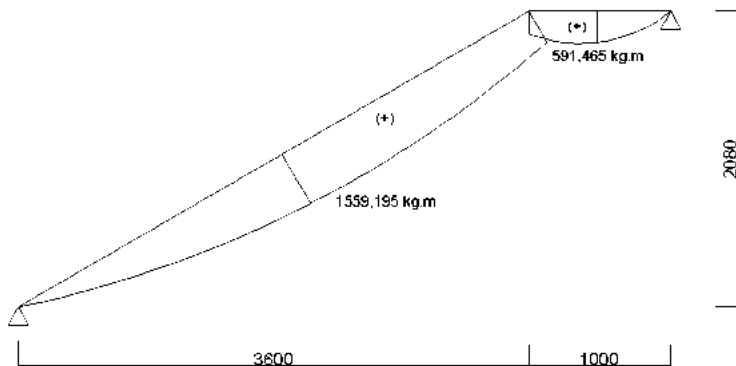
$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$M_d = 1319,504 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot 523,974 \cdot 1^2 - 5,58 \cdot 0,5$$

$$= 591,465 \text{ kg.m}$$



Gambar 4.18 Bidang M Balok Tangga

Bidang D

-J a - c :

$$D_x = R_a \cdot \cos(29,05^\circ) - q_{u1} \cdot x \cdot \cos(29,05^\circ)$$

$$= 1361,65 \cdot \cos(29,05^\circ) - 594,567 \cdot x \cdot \cos(29,05^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_{a_{ka}} = 1361,65 \cdot \cos(29,05^\circ) - 594,567 \cdot 0 \cdot \cos(29,05^\circ)$$

$$= 1190,35 \text{ kg}$$

$$x = 3,6 \text{ m}$$

$$D_{c_{ki}} = 1361,65 \cdot \cos(29,05^\circ) - 594,567 \cdot 3,6 \cdot \cos(29,05^\circ)$$

$$= -680,816 \text{ kg}$$

-J b - d :

$$D_x = -R_b + q_{u2} \cdot x + p_1$$

$$= -1319,504 + 523,974 \cdot x + 5,58$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_{b_{ki}} = -1319,504 + 523,974 \cdot 0 + 5,58$$

$$= -1313,924 \text{ kg}$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$D_{d_{ka}} = -1319,504 + 523,974 \cdot 0,5 + 5,58$$

$$= -1051,937 \text{ kg}$$

-J d - c :

$$D_x = -R_b + q_{u2}/2 + q_{u2} \cdot x + p_1 + p_1$$

$$= -1319,504 + 261,987 + 523,974x + 5,58 + 5,58$$

$$x = 0 \text{ m}$$

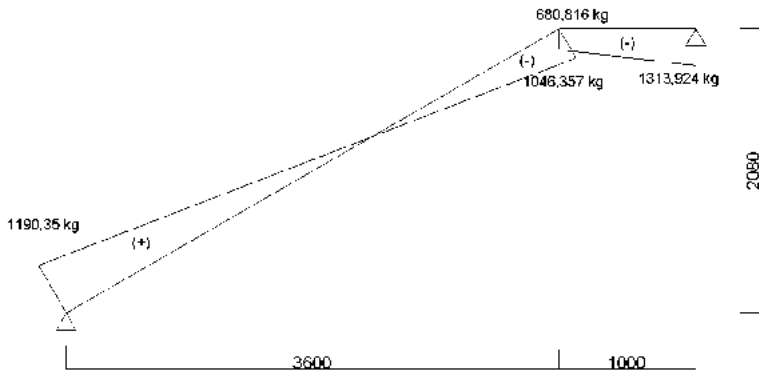
$$D_{d_{ki}} = -1319,504 + 261,987 + 523,974 \cdot 0 + 5,58 + 5,58$$

$$= -1046,357 \text{ kg}$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$D_{d_{ka}} = -1319,504 + 261,987 + 523,974 \cdot 0,5 + 5,58 + 5,58$$

$$= -784,37 \text{ kg}$$



Gambar 4.19 Bidang D Balok Tangga

Bidang N

-J a - c :

$$N_x = - R_a \cdot \sin(29,05^\circ) + q_u l \cdot x \cdot \sin(29,05^\circ)$$

$$= - 1361,65 \cdot \sin(29,05^\circ) + 594,567 \cdot x \cdot \sin(29,05^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$N_{a_k} = - 1361,65 \cdot \sin(29,05^\circ) + 594,567 \cdot 0 \cdot \sin(29,05^\circ)$$

$$= - 661,18 \text{ kg}$$

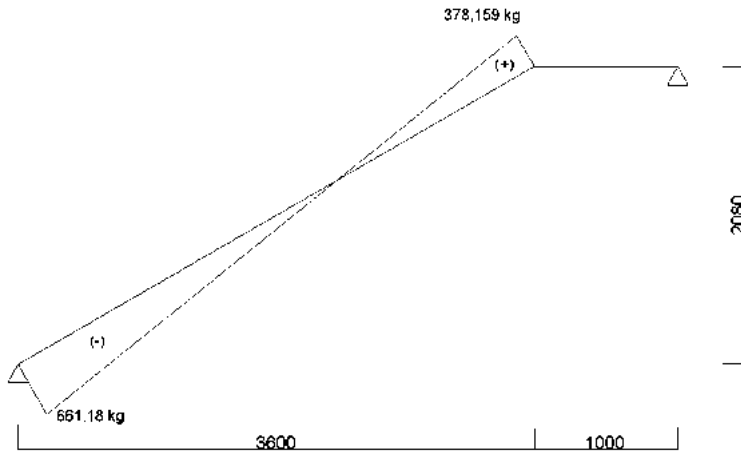
$$x = 3,6 \text{ m}$$

$$N_{c_{ki}} = - 1361,65 \cdot \sin(29,05^\circ) + 594,567 \cdot 3,6 \cdot \sin(29,05^\circ)$$

$$= 378,159 \text{ kg}$$

-J c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.20 Bidang N Balok Tangga

•J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

-J Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 7} = 7143$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 1075$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

-J Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{162}{45} = 36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 1065$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

-J Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 170$$

$$= 425000 \text{ kg.cm}$$

$$= 4250 \text{ kg.m}$$

•J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 16^2} = 34 \text{ cm (pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 110,016 \text{ cm} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel (Lp \& Lr)}$$

$$L_r = 331,236 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang Pendek maka } M_n = M_p$$

$$M_n = M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 170 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2$$

$$= 425000 \text{ kg.cm} = 4250 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 4250$$

$$= 3825 \text{ kg.m} \geq 1559,195 \text{ kg.m (OK)}$$

•J Kontrol Geser

$$V_u = 1313,924 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow \frac{162}{45} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$36 \leq 260 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$K_v = 5$$

$$C = 11x \left[kv \times \left(\frac{E}{\sqrt{fy}} \right) \right]$$

$$= 11x \left[5 \times \left(\frac{2000000}{\sqrt{2500}} \right) \right]$$

$$= 69,57$$

$$\frac{h}{tw} < C \rightarrow Cv = 1$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w \times Cv$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (19,8 \times 0,45) \times 1 = 13365 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 13365 \text{ kg}$$

$$= 12028,5 \text{ kg} > 1313,924 \text{ kg (OK)}$$

•J Persamaan Interaksi Tekan - Lentur

$$L = \sqrt{(360)^2 + (208)^2} = 415,769 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,7 \text{ (sendi - jepit)}$$

$$\lambda = k_c \times L = 0,7 \times 415,769 = 291,04$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi \cdot i_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{291,04}{\pi \cdot 221} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,48 \rightarrow \lambda_c < 1,25$$

$$\omega = \frac{143}{16 - 0,67\lambda_c} = \frac{143}{16 - 0,67 \cdot 1,48} = 235$$

$$P_n = \frac{A_g \times f_y}{\omega} = \frac{2318 \times 2500}{235} = 24599,40 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 24599,40 \text{ kg} = 20909,49 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{66118}{20909,49} = 0,03 < 0,2 \text{ maka rumus interaksi 2}$$

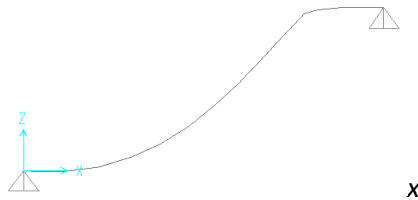
$$= \frac{P_u}{\phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right] \leq 10$$

$$= \frac{66118}{2 \cdot 20909,49} + \left[\frac{1559195}{3825} + 0 \right] \leq 10$$

$$= 0,432 < 1 \text{ (OK)}$$

•J Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{415,769}{240} = 1,73 \text{ m}$$



Gambar 4.21 Analisa Lendutan Balok Utama Tangga

x

$$f^o = 0,05 \text{ cm (Hasil analisa SAP)}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,05 \text{ cm} < 1,73 \text{ cm (OK)} .$$

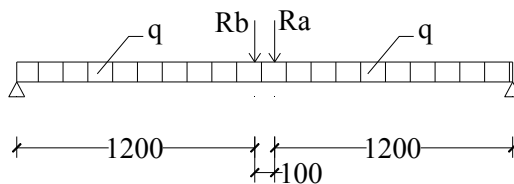
4.4.5 Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 200 x 100 x 4,5 x 7, dengan spesifikasi sebagai berikut :

d	= 198 mm	ix	= 8,26 cm
bf	= 100 mm	iy	= 2,21 cm
tf	= 7 mm	Zx	= 170 cm ³
tw	= 4,5 mm	Zy	= 35 cm ³
A	= 23,18 cm ²	Sx	= 160 cm ³
q	= 18,2 kg/m	Sy	= 23 cm ³
Ix	= 1580 cm ⁴	r	= 11 cm
Iy	= 114 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 162 mm

•J Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Ra dan Rb) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$\begin{aligned} R_a &= 1361,65 \text{ kg} \\ R_b &= 1319,504 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Beban merata (q)} \\
 &\text{Berat profil} = 18,2 \text{ kg/m} \\
 &\text{Beban dinding } 2,08 \times 250 = \frac{520 \text{ kg/m} +}{= 538,2 \text{ kg/m}} \\
 &\text{Beban sambungan 10\%} = \frac{53,82 \text{ kg/m} +}{= 592,02 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

•J Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{vb} \cdot 2,5 - R_a \cdot 1,3 - R_b \cdot 1,2 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 2,5^2 = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_{vb} &= \frac{136165 \times 13 + 1319504 \times 12 + \frac{1}{2} \times 59202 \times 25^2}{25} \\
 &= 2081,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{va} \cdot 2,5 - R_b \cdot 1,3 - R_a \cdot 1,2 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 2,5^2 = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_{va} &= \frac{1319504 \times 12 \times 13 + 136165 \times 12 + \frac{1}{2} \times 59202 \times 25^2}{25} \\
 &= 2079,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \times 3,85 \\
 &= 2079,76 + 2081,44 - 1361,65 - 1319,504 - 275,77 \times 2,5 \\
 &= 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

•J Perhitungan Gaya Dalam

Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_{va} \times 1,25 - R_a \times 0,125 - \frac{1}{2} \times q \times 1,25^2 \\
 &= 2079,76 \times 1,25 - 1361,65 \times 0,05 - \frac{1}{2} \times 592,02 \times 1,25^2 \\
 &= 2071,21 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya geser

$$V_U = -R_{vb} = -2071,21 \text{ kg}$$

•J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 7} = 7,143$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 1075$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{162}{45} = 36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 10635$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 170 \\ &= 425000 \text{ kg.cm} \\ &= 4250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 4250 \\ &= 3825 \text{ kg.m} \geq 1559,195 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

•J Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 120 cm

$$L_p = 138,88 \text{ cm} \quad \left. \begin{array}{l} L_p \\ L_r \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel (} L_p \text{ \& } L_r \text{)}$$

$$L_r = 331,236 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ *Bentang Pendek*

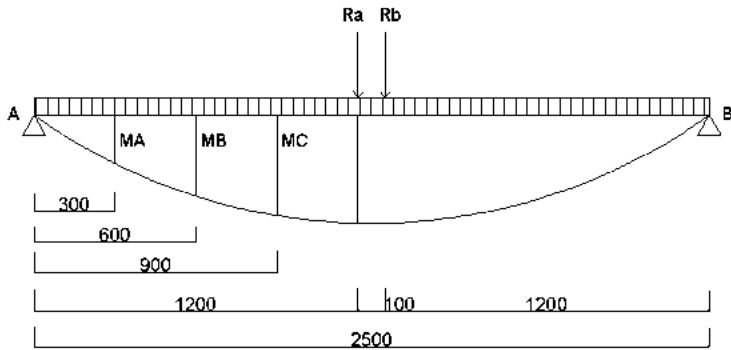
Karena bentang menengah, maka:

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 170 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 425000 \text{ kg.cm} = 4250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_y = S_x \times f_y = 160 \times 2500 = 400000 \text{ kgcm} = 4000 \text{ kgm}$$

$$M_y = Z_x \times f_y = 170 \times 2500 = 425000 \text{ kgcm} = 4250 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_y &= S_x \times (f_y - f_r) = 160 \times (2500 - 700) = 288000 \text{ kgcm} \\ &= 2880 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Gambar 4.23 Posisi MA, MB, dan MC Balok Penumpu Tangga

$$\begin{aligned}
 M_A &= R_{Va} \times 0,3 - \frac{1}{2} \times q \times 0,3^2 \\
 &= (2079,76 \times 0,3) - \frac{1}{2} \times 592,02 \times 0,3^2 \\
 &= 597,287 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= R_{Va} \times 0,6 - \frac{1}{2} \times q \times 0,6^2 \\
 &= (2079,76 \times 0,6) - \frac{1}{2} \times 592,02 \times 0,6^2 \\
 &= 1141,292 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= R_{Va} \times 0,9 - \frac{1}{2} \times q \times 0,9^2 \\
 &= (2079,76 \times 0,9) - \frac{1}{2} \times 592,02 \times 0,9^2 \\
 &= 1632,015 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_{\max} = 2071,208 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 2071,208}{2,5 \times 2071,208 + 3 \times 597,287 + 4 \times 1141,292 + 3 \times 1632,015} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,576 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1,576 \left[425000 - (425000 - 0.7 \times 2500 \times 160) \left(\frac{120 - 138,88}{331,236 - 138,88} \right) \right]$$

$$M_n = 692087,804 \text{ kgcm}$$

$$M_n = 6920,87 \text{ kgm} > M_p = 4250 \text{ kgm, maka dipakai } M_p$$

-J Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 4250$$

$$= 3825 \text{ kgm} \geq 2071,208 \text{ kgm ... OK !}$$

•J Kontrol Geser

$$V_u = 2081,445 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{162}{45} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$36 \leq 260 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$K_v = 5$$

$$C = 11x \left[kv x \left(\frac{E}{\sqrt{f_y}} \right) \right]$$

$$= 11x \left[5 x \left(\frac{2000000}{\sqrt{2500}} \right) \right]$$

$$= 69,57$$

$$\frac{h}{tw} < C \rightarrow Cv = 1$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w x Cv$$

$$= 0,6 x 2500 x (19,8 x 0,45) x 1 = 13365 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 13365 \text{ kg}$$

$$= 12028,5 \text{ kg} > 2081,445 \text{ kg (OK)}$$

•J Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{250}{360} = 0,694$$

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{5}{384} x \frac{(qdl + qll)L^4}{EI_x} + \frac{P_u \times a}{24EI_x} (3L^2 - 4a^2) \\ &+ \left[\left\{ \left(\frac{Ra + Rb}{2} \right) x \left(\frac{12x100}{24x210^6x1580} \right) \right\} x (3x(25x100)^2) \right] \\ &- [4x(12x100)^2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{5}{384} x \frac{(592 x 250^4)}{20000001580} \\ &+ \left[\left\{ \left(\frac{Ra + Rb}{2} \right) x \left(\frac{12x100}{24x210^6x1580} \right) \right\} x (3x(25x100)^2) \right] \\ &- [4x(12x100)^2] \\ &= 0,371 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,371 \text{ cm} < 0,694 \text{ cm (OK)}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

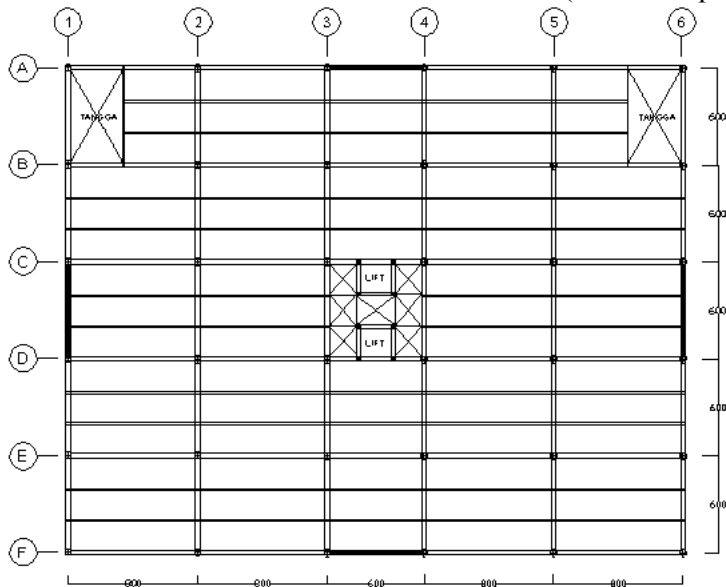
BAB V

ANALISA PEMODELAN STRUKTUR

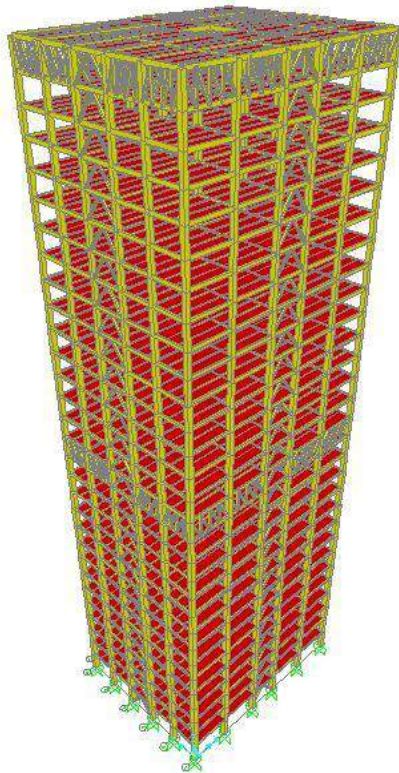
5.1 Data Perencanaan

Bangunan ini direncanakan menggunakan tiga sistem, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus, dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger, dengan data-data sebagai berikut :

- a.J Panjang bangunan : 38 m
- b.J Lebar bangunan : 30 m
- c.J Jarak antar kolom sisi panjang : 8 m dan 6 m
- d.J Jarak antar kolom sisi lebar : 6 m
- e.J Tinggi kolom : 4 m
- f.J Letak bangunan : Jauh dari pantai
- g.J Mutu baja yang digunakan : BJ 41 ($f_y = 250 \text{ Mpa}$)
($f_u = 410 \text{ Mpa}$)



Gambar 5.1 Denah Bangunan



Gambar 5.2 Pemodelan 3D SAP2000

Berikut ini data profil baja kolom dan balok yang digunakan pada ketiga sistem dan dipasang pada semua tinggi bangunan, yaitu 20, 30, 40, 50, dan 60 lantai :

Tabel 5.1 Profil Baja Yang Digunakan

Sistem	Jml Lantai	Letak Profil	Profil yang digunakan	
			Kolom (CFT)	Balok (WF)
Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	60	Lt. 1 - 10	1000x1000x25	700x300x13x24
		Lt. 11 - 20	1000x1000x22	700x300x13x20
		Lt. 21 - 30	1000x1000x19	600x300x14x23
		Lt. 31 - 40	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 41 - 50	900x900x16	600x300x12x17
		Lt. 51 - 60	900x900x12	600x200x13x23
	50	Lt. 1 - 10	1000x1000x22	700x300x13x20
		Lt. 11 - 20	1000x1000x19	600x300x14x23
		Lt. 21 - 30	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 31 - 40	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 41 - 50	900 x 900 x 12	600x200x13x23
	40	Lt. 1 - 10	1000x1000x19	600x300x14x23
		Lt. 11 - 20	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 21 - 30	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 31 - 40	900 x 900 x 12	600x200x13x23
	30	Lt. 1 - 10	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 11 - 20	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 21 - 30	900 x 900 x 12	600x200x13x23
	20	Lt. 1 - 10	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 11 - 20	900 x 900 x 12	600x200x13x23
Sistem Rangka Bresing Konsentrik	60	Lt. 1 - 10	1000x1000x22	700x300x13x20
		Lt. 11 - 20	1000x1000x19	600x300x14x23
		Lt. 21 - 30	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 31 - 40	900 x 900 x 16	600x300x12x17

Khusus		Lt. 41 - 50	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 51 - 60	800 x 800 x 12	600x200x12x20
	50	Lt. 1 - 10	1000x1000x19	600x300x14x23
		Lt. 11 - 20	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 21 - 30	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 31 - 40	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 41 - 50	800 x 800 x 12	600x200x12x20
	40	Lt. 1 - 10	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 11 - 20	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 21 - 30	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 31 - 40	800 x 800 x 12	600x200x12x20
	30	Lt. 1 - 10	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 11 - 20	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 21 - 30	800 x 800 x 12	600x200x12x20
	20	Lt. 1 - 10	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 11 - 20	800 x 800 x 12	600x200x12x20
Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus Menggunakan an Outrigger	60	Lt. 1 - 10	1000x1000x19	600x300x14x23
		Lt. 11 - 20	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 21 - 30	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 31 - 40	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 41 - 50	800 x 800 x 12	600x200x12x20
		Lt. 51 - 60	700 x 700 x 12	600x200x11x17
	50	Lt. 1 - 10	1000x1000x16	600x300x12x20
		Lt. 11 - 20	900 x 900 x 16	600x300x12x17
		Lt. 21 - 30	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 31 - 40	800 x 800 x 12	600x200x12x20
		Lt. 41 - 50	700 x 700 x 12	600x200x11x17
	40	Lt. 1 - 10	900 x 900 x 16	600x300x12x17

		Lt. 11 - 20	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 21 - 30	800 x 800 x 12	600x200x12x20
		Lt. 31 - 40	700 x 700 x 12	600x200x11x17
	30	Lt. 1 - 10	900 x 900 x 12	600x200x13x23
		Lt. 11 - 20	800 x 800 x 12	600x200x12x20
		Lt. 21 - 30	700 x 700 x 12	600x200x11x17
	20	Lt. 1 - 10	800 x 800 x 12	600x200x12x20
		Lt. 11 - 20	700 x 700 x 12	600x200x11x17

Profil yang digunakan untuk bresing pada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan outrigger adalah WF 300 x 300 x 11 x 17.

Profil yang digunakan untuk *belt truss* dan outrigger adalah WF 300 x 200 x 9 x 14.

5.2 Penentuan Beban-beban

1.J Beban Gravitasi

a.J Beban Mati (PPIUG 1983 Bab 2)

- J Berat beton bertulang = 2400 kg/m³
- J Plat bondek = 10,1 kg/m²
- J Adukan finishing lantai/1cm = 21 kg/m²
- J Tegel = 24 kg/m²
- J Plafond = 7 kg/m²
- J Penggantung = 11 kg/m²
- J Plumbing = 10 kg/m²
- J Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas.
Besar beban lift terlampir.

b.J Beban Hidup (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

- J Lantai atap = 97,64 kg/m²
- J Lantai perkantoran = 244,1 kg/m²

2.J Beban Gempa

Berdasarkan wilayah gempa, kota Yogyakarta termasuk dalam wilayah gempa zona tinggi. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa.

5.3 Perhitungan Massa Bangunan

1.JSistem Rangka Pemikul Momen Khusus 60 Lantai

a.Lantai 1 – 10

•JBeban Mati

Profil kolom	= 4m x 36 x 752,74kg/m x 10	=1083946 kg
Profil balok induk	= 228 x 180m x 185kg/m x 9	= 669060 kg
Profil balok anak	= 8m x 40 x 69,2kg/m x 9	= 199296 kg
	= 6m x 48 x 44,1kg/m x 9	= 114307 kg
Pelat beton	= 0,12 x 2400 x 38 x 30 x 9	=2954880 kg
Adukan lantai	= 21 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 215460 kg
Tegel	= 24 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 246240 kg
Plafond	= 7 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 71820 kg
Penggantung	= 11 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 112860 kg
<u>Plumbing</u>	<u>= 10 kg/m² x 38m x 30 m x 9</u>	<u>= 102600 kg</u>
		Total =5770469 kg

•JBeban Hidup

$$W = 244,1 \text{ kg/m}^2 \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 9 = 2504466 \text{ kg}$$

•JBeban Total

$$W_t = 5770469 \text{ kg} + 2504466 \text{ kg} = 8274935 \text{ kg}$$

b.Lantai 11 – 20

•Beban Mati

Profil kolom	= 4m x 36 x 665,82kg/m x 10	= 958778 kg
Profil balok induk	= 228 x 180m x 166kg/m x 10	= 709200 kg
Profil balok anak	= 8m x 40 x 69,2kg/m x 10	= 221440 kg
	= 6m x 48 x 44,1kg/m x 10	= 127008 kg
Pelat beton	= 0,12 x 2400 x 38 x 30 x 10	=3283200 kg

Adukan lantai	= 21 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 239400 kg
Tegel	= 24 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 273600 kg
Plafond	= 7 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 79800 kg
Penggantung	= 11 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 125400 kg
Plumbing	= 10 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 114000 kg
<hr/>	
Total =6131826 kg	

•JBeban Hidup

$$W = 244,1 \text{ kg/m}^2 \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 10 = 2782740 \text{ kg}$$

•JBeban Total

$$W_t = 6131826 \text{ kg} + 2782740 \text{ kg} = 8914566 \text{ kg}$$

c. J Lantai 21 – 30

•JBeban Mati

Profil kolom	= 4m x 36 x 577,97kg/m x 10 = 832272 kg
Profil balok induk	= 228 x 180m x 175kg/m x 10 = 725400 kg
Profil balok anak	= 8m x 40 x 69,2kg/m x 10 = 221440 kg
	= 6m x 48 x 44,1kg/m x 10 = 127008 kg
Pelat beton	= 0,12 x 2400 x 38 x 30 x 10 = 3283200 kg
Adukan lantai	= 21 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 239400 kg
Tegel	= 24 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 273600 kg
Plafond	= 7 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 79800 kg
Penggantung	= 11 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 125400 kg
Plumbing	= 10 kg/m ² x 38m x 30 m x10 = 114000 kg
<hr/>	
Total =6021520 kg	

•JBeban Hidup

$$W = 244,1 \text{ kg/m}^2 \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 10 = 2782740 \text{ kg}$$

•JBeban Total

$$W_t = 6021520 \text{ kg} + 2782740 \text{ kg} = 8804260 \text{ kg}$$

d. J Lantai 31 – 40

•JBeban Mati

Profil kolom	= 4m x 36 x 489,19kg/m x 10 = 704429 kg
Profil balok induk	= 228 x 180m x 151kg/m x 10 = 682200 kg

Profil balok anak	= 8m x 40 x 69,2kg/m x 10	= 221440 kg
	= 6m x 48 x 44,1kg/m x 10	= 127008 kg
Pelat beton	= 0,12 x 2400 x 38 x 30 x 10	= 3283200 kg
Adukan lantai	= 21 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 239400 kg
Tegel	= 24 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 273600 kg
Plafond	= 7 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 79800 kg
Penggantung	= 11 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 125400 kg
<u>Plumbing</u>	<u>= 10 kg/m² x 38m x 30 m x 10</u>	<u>= 114000 kg</u>
		Total = 5850476 kg

•JBeban Hidup

$$W = 244,1 \text{ kg/m}^2 \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 10 = 2782740 \text{ kg}$$

•JBeban Total

$$W_t = 5850476 \text{ kg} + 2782740 \text{ kg} = 8633216 \text{ kg}$$

e. Lantai 41 – 50

•JBeban Mati

Profil kolom	= 4m x 36 x 438,95kg/m x 10	= 632083 kg
Profil balok induk	= 228 x 180m x 137kg/m x 10	= 657000 kg
Profil balok anak	= 8m x 40 x 69,2kg/m x 10	= 221440 kg
	= 6m x 48 x 44,1kg/m x 10	= 127008 kg
Pelat beton	= 0,12 x 2400 x 38 x 30 x 10	= 3283200 kg
Adukan lantai	= 21 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 239400 kg
Tegel	= 24 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 273600 kg
Plafond	= 7 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 79800 kg
Penggantung	= 11 kg/m ² x 38m x 30 m x 10	= 125400 kg
<u>Plumbing</u>	<u>= 10 kg/m² x 38m x 30 m x 10</u>	<u>= 114000 kg</u>
		Total = 5752931 kg

•JBeban Hidup

$$W = 244,1 \text{ kg/m}^2 \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 10 = 2782740 \text{ kg}$$

•JBeban Total

$$W_t = 5752931 \text{ kg} + 2782740 \text{ kg} = 8535671 \text{ kg}$$

f. JLantai 51 – 59

•JBeban Mati

Profil kolom	= 4m x 36 x 331,69 kg/m x 9	= 429867 kg
Profil balok induk	= 228 x 180m x 134kg/m x 9	= 586440 kg
Profil balok anak	= 8m x 40 x 69,2kg/m x 9	= 199296 kg
	= 6m x 48 x 44,1kg/m x 9	= 114307 kg
Pelat beton	= 0,12 x 2400 x 38 x 30 x 9	= 2954880 kg
Adukan lantai	= 21 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 215460 kg
Tegel	= 24 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 246240 kg
Plafond	= 7 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 71820 kg
Penggantung	= 11 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 112860 kg
Plumbing	= 10 kg/m ² x 38m x 30 m x 9	= 102600 kg

Total = 5033770 kg

•JBeban Hidup

$$W = 244,1 \text{ kg/m}^2 \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 9 = 2504466 \text{ kg}$$

•JBeban Total

$$W_t = 5033770 \text{ kg} + 2504466 \text{ kg} = 7538236 \text{ kg}$$

g. JLantai Atap

•JBeban Mati

Profil kolom	= 4m x 36 x 331,69 kg/m	= 47763 kg
Profil balok induk	= 228 x 180m x 134 kg/m	= 65160 kg
Profil balok anak	= 8m x 40 x 41,4 kg/m	= 13248 kg
	= 6m x 48 x 44,1 kg/m	= 12701 kg
Pelat beton	= 0,12 x 2400 x 38 m x 30 m	= 328320 kg
Adukan lantai	= 21 kg/m ² x 38m x 30 m	= 23940 kg
Plafond	= 7 kg/m ² x 38m x 30 m	= 7980 kg
Penggantung	= 11 kg/m ² x 38m x 30 m	= 12540 kg
Plumbing	= 10 kg/m ² x 38m x 30 m	= 11400 kg

Total = 523052 kg

•JBeban Hidup

$$W = 244,1 \text{ kg/m}^2 \times 38 \text{ m} \times 30 \text{ m} = 111310 \text{ kg}$$

•JBeban Total

$$W_t = 523052 \text{ kg} + 111310 \text{ kg} = 634361 \text{ kg}$$

Jadi total berat bangunan 60 Lantai SRPMK ialah 51335246 kg.

Berikut adalah penabelan hasil massa bangunan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus pada tiap variasi bangunan :

Tabel 5.2 Berat Bangunan Pada Sitem SRPMK

Gedung	Lantai	Berat Beban Mati				Beban hidup (kg)	Jumlah (kg)	Berat total (kg)
		Kolom (kg)	Balok Induk (kg)	Balok Anak (kg)	Keramik dll (kg)			
60	1 - 10	1083946	669060	313603	3703860	2504466	8274935	51335246
	11 - 20	958778	709200	348448	4115400	2782740	8914566	
	21 - 30	832272	725400	348448	4115400	2782740	8804260	
	31 - 40	704428	682200	348448	4115400	2782740	8633216	
	41 - 50	632083	657000	348448	4115400	2782740	8535671	
	51 - 59	429867	586440	313603	3703860	2504466	7538236	
	atap	47763	65160	25949	384180	111310	634361	
50	1 - 10	958778	638280	313603	3703860	2504466	8118987	42264732
	11 - 20	832272	725400	348448	4115400	2782740	8804260	
	21 - 30	704428	682200	348448	4115400	2782740	8633216	
	31 - 40	632083	657000	348448	4115400	2782740	8535671	
	41 - 49	429867	586440	313603	3703860	2504466	7538236	
	atap	47763	65160	25949	384180	111310	634361	

40	1 - 10	832272	652860	313603	3703860	2504466	8007061	33348546
	11 - 20	704428	682200	348448	4115400	2782740	8633216	
	21 - 30	632083	657000	348448	4115400	2782740	8535671	
	31 - 39	429867	586440	313603	3703860	2504466	7538236	
	atap	47763	65160	25949	384180	111310	634361	
30	1 - 10	704428	613980	313603	3703860	2504466	7840338	24583451
	11 - 20	632083	657000	348448	4115400	2782740	8535671	
	21 - 29	429867	586440	348448	3703860	2504466	7573081	
	atap	47763	65160	25949	384180	111310	634361	
20	1 - 10	632083	591300	313603	3703860	2504466	7745312	15952754
	11 - 20	429867	586440	348448	3703860	2504466	7573081	
	atap	47763	65160	25949	384180	111310	634361	

2.JSistem Rangka Bresing Konsentrik

Dengan cara yang sama seperti perhitungan berat bangunan pada SRPMK, diperoleh hasil seperti tabel berikut :

Tabel 5.3 Berat Bangunan pada Sistem SRBK

Gedung	Lantai	Berat Beban Mati					Beban hidup (kg)	Jumlah (kg)	Berat total (kg)
		Kolom (kg)	Balok Induk (kg)	Balok Anak (kg)	Bresing (kg)	Keramik dll (kg)			
60	1 - 10	958778	638280	313603	42400	3703860	2504466	8161387	50815491
	11 - 20	832272	725400	348448	42400	4115400	2782740	8846660	
	21 - 30	704428	682200	348448	42400	4115400	2782740	8675616	
	31 - 40	632083	657000	348448	42400	4115400	2782740	8578071	
	41 - 50	477630	651600	348448	42400	4115400	2782740	8418218	
	51 - 59	381034	563760	313603	38160	3703860	2504466	7504883	
	atap	42337	62640	25949	4240	384180	111310	630655	
50	1 - 10	832272	652860	313603	42400	3703860	2504466	8049461	41856905
	11 - 20	704428	682200	348448	42400	4115400	2782740	8675616	
	21 - 30	632083	657000	348448	42400	4115400	2782740	8578071	
	31 - 40	477630	651600	348448	42400	4115400	2782740	8418218	

	41 - 49	381034	563760	313603	38160	3703860	2504466	7504883	
	atap	42337	62640	25949	4240	384180	111310	630655	
40	1 - 10	704428	613980	313603	42400	3703860	2504466	7882738	33014565
	11 - 20	632083	657000	348448	42400	4115400	2782740	8578071	
	21 - 30	477630	651600	348448	42400	4115400	2782740	8418218	
	31 - 39	381034	563760	313603	38160	3703860	2504466	7504883	
	atap	42337	62640	25949	4240	384180	111310	630655	
30	1 - 10	632083	591300	313603	42400	3703860	2504466	7787712	23710813
	11 - 20	477630	651600	348448	42400	4115400	2782740	8418218	
	21 - 29	381034	563760	313603	38160	3703860	2504466	7504883	
	atap	42337	62640	25949	4240	384180	111310	630655	
20	1 - 10	477630	586440	313603	42400	3703860	2504466	7628399	15798782
	11 - 20	381034	563760	348448	38160	3703860	2504466	7539728	
	atap	42337	62640	25949	4240	384180	111310	630655	

3.JSistem Rangka Bresing Konsentrik menggunakan *Outrigger*
Tabel 5.4 Berat Bangunan pada Sistem SRBK menggunakan *Outrigger*

Gd.	Lantai	Berat Beban Mati						Beban hidup (kg)	Jumlah (kg)	Berat total (kg)
		Kolom (kg)	Balok Induk (kg)	Balok Anak (kg)	Bresing (kg)	Belt Truss - Outrigger (kg)	Keramik dll (kg)			
60	1 - 10	832272	652860	313603	42400	0	3703860	2504466	8049461	50184484
	11 - 20	704428	682200	348448	42400	0	4115400	2782740	8675616	
	21 - 30	632083	657000	348448	42400	34138	4115400	2782740	8612209	
	31 - 40	477630	651600	348448	42400	0	4115400	2782740	8418218	
	41 - 50	423371	626400	348448	42400	0	4115400	2782740	8338759	
	51 - 59	332204	541080	313603	38160	0	3703860	2504466	7433373	
	atap	36912	60120	25949	4240	34138	384180	111310	656848	
50	1 - 10	704428	554040	313603	42400	0	3703860	2504466	7822798	41282204
	11 - 20	632083	657000	348448	42400	0	4115400	2782740	8578071	
	21 - 30	477630	651600	348448	42400	34138	4115400	2782740	8452356	
	31 - 40	423371	626400	348448	42400	0	4115400	2782740	8338759	

	41 - 49	332204	541080	313603	38160	0	3703860	2504466	7433373	
	atap	36912	60120	25949	4240	34138	384180	111310	656848	
40	1 - 10	632083	536220	313603	42400	0	3703860	2504466	7732632	32613967
	11 - 20	477630	651600	348448	42400	34138	4115400	2782740	8452356	
	21 - 30	423371	626400	348448	42400	0	4115400	2782740	8338759	
	31 - 39	332204	541080	313603	38160	0	3703860	2504466	7433373	
	atap	36912	60120	25949	4240	34138	384180	111310	656848	
30	1 - 10	477630	514512	313603	42400	0	3703860	2504466	7556471	24019588
	11 - 20	423371	626400	348448	42400	34138	4115400	2782740	8372897	
	21 - 29	332204	541080	313603	38160	0	3703860	2504466	7433373	
	atap	36912	60120	25949	4240	34138	384180	111310	656848	
20	1 - 10	423371	498150	313603	42400	34138	3703860	2504466	7519988	15069129
	11 - 20	332204	541080	313603	38160	0	3703860	2504466	6892293	
	atap	36912	60120	25949	4240	34138	384180	111310	656848	

5.4 Kontrol Berat Bangunan

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada gedung ini perhitungan berat struktur diambil dari analisis menggunakan program SAP2000 untuk kombinasi 1D +1L.

Dari analisa dengan menggunakan SAP2000 diperoleh berat total bangunan seperti tertera pada gambar di bawah ini :

5.4.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus 1.J 20 Lantai

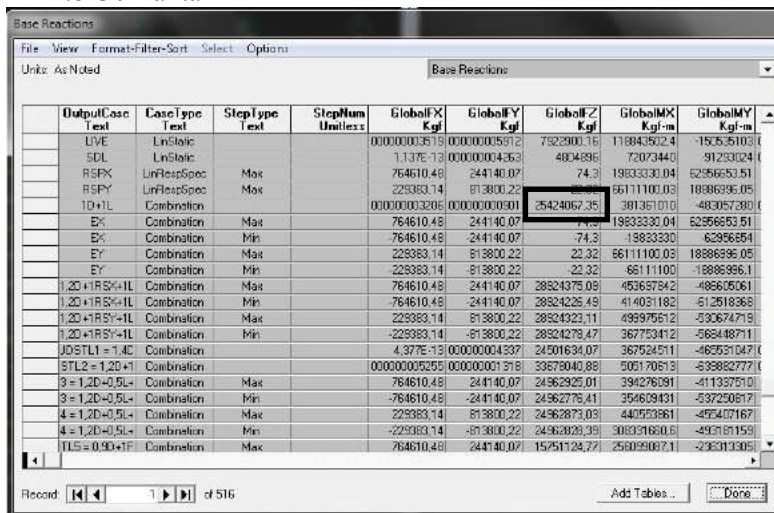
Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unitless	GlobalX Kgf	GlobalY Kgf	GlobalZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m
DEAD	LinStatic	Mode	1	0.0000006139	0.00000003143	7908701.78	118630535.7	-150365334
MODAL	LinModal	Mode	2	5679.79	-0.0000009712	-0.000004336	-0.0001844	-302908.61
MODAL	LinModal	Mode	3	0.0000002454	6862.82	0.000003671	-354875.72	0.00007454
MODAL	LinModal	Mode	4	0.000001172	-0.0003979	0.000005752	0.02248	0.00006991
MODAL	LinModal	Mode	5	-2044.36	0.0003217	-0.0007876	-0.05601	175571.28
MODAL	LinModal	Mode	6	0.001681	23796.54	-0.002228	208782.61	0.01942
MODAL	LinModal	Mode	7	-0.002309	-0.01154	-0.003567	0.2	0.04181
MODAL	LinModal	Mode	8	-43255.53	-0.005715	0.004857	-1.53	-801441.18
MODAL	LinModal	Mode	9	0.003815	-49175.08	0.05432	669126.76	-0.22
MODAL	LinModal	Mode	10	0.03424	0.11	0.00385	-6.64	3.86
MODAL	LinModal	Mode	11	80425.83	0.02685	-0.79	-30.42	-72837.06
MODAL	LinModal	Mode	12	0.01719	-80406.41	0.07391	-123723.87	0.94
MODAL	LinModal	Mode		-0.07511	-0.49	0.17	-0.53	4.16
LIVE	LinStatic			0.0000000734	-6.821E-13	5238036.16	79420542.4	-59332587
SDL	LinStatic			0.00000001134	0.0000000162	3.01056	48015840	-60520064
SRPX	LinRespSpec	Max		604434.08	-182386.85	0.42	9329632.1	31045242.75
SRPY	LinRespSpec	Max		181330.23	608622.83	0.76	31098773.66	9313872.83
1D+1L	Combination			0.00000001107	0.00000004832	16337793.94	245066909.1	-310418085
EX	Combination	Max		604434.08	-182386.85	0.42	9329632.1	31045242.75
EX	Combination	Min		-604434.08	182386.85	-0.42	-9329632.1	-31045242.75

Gambar 5.3 Berat Total Bangunan SRPMK 20 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.5 Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 20 Lantai

a.J Manual	15952754 kg
b.J Hasil SAP 2000	16337793,94 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	2,41% \leq 5% (Oke)

2.J 30 Lantai



Output Case	Case Type	Step Type	Step Num	Global X	Global Y	Global Z	Global MX	Global MY
Test	Test	Test	Unitless	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
UVE	LinElastic			0.0000003619	0.0000005912	7523900.16	11894352.4	-15765103
SDL	LinElastic			1.1376-13	0.0000004363	4804996	72073440	91253024
RSPX	LinRespSpec	Max		764610.48	244140.07	74.3	19333330.04	6256653.51
RSPY	LinRespSpec	Max		225383.14	813800.22	22.32	56111100.03	18386396.05
1D+1L	Combination			0.0000003205	0.0000000301	25424062.35	381361010	-483057380
EX	Combination	Max		764610.48	244140.07	74.3	19333330.04	6256653.51
EY	Combination	Min		764610.48	244140.07	74.3	19333330	62956554
EY	Combination	Max		225383.14	813800.22	22.32	56111100.03	18386396.05
EY	Combination	Min		225383.14	813800.22	-22.32	66111100	-18886396.1
1.2D+1RS+1L	Combination	Max		764610.48	244140.07	28324375.09	453657842	-486265061
1.2D+1RS+1L	Combination	Min		764610.48	244140.07	28324225.49	414031182	-512518368
1.2D+1RS+1L	Combination	Max		225383.14	813800.22	28324323.11	493975612	-530674719
1.2D+1RS+1L	Combination	Min		225383.14	813800.22	28324275.47	367752412	-568448711
JDSTL1=1.2D	Combination			4.3776-13	0.0000004337	24501634.07	367524511	-462531047
STL2=1.2D+1	Combination			0.0000006255	0.00000001515	33573040.88	505170513	-633882777
3=1.2D+0.5L	Combination	Max		764610.48	244140.07	24562925.01	394276391	-411337510
3=1.2D+0.5L	Combination	Min		764610.48	244140.07	24562775.41	354609431	-537250617
4=1.2D+0.5L	Combination	Max		225383.14	813800.22	24562873.03	440753361	-475407167
4=1.2D+0.5L	Combination	Min		225383.14	813800.22	24562803.39	308331600.6	-493311559
1L5=0.9D+1F	Combination	Max		764610.48	244140.07	15751124.77	25099907.1	-230313305

Gambar 5.4 Berat Total Bangunan SRPMK 30 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000

Tabel 5.6 Berat total bangunan (1D+1L) SPRMK 30 Lantai

a.J Manual	24583451 kg
b.J Hasil SAP 2000	25424067,35 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	3,42% \leq 5% (Oke)

3.J 40 Lantai

Base Reactions

File View Format Filter Sort Select Options

Units: As Noted

Base Reactions

OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Unitless	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
LIVE	LinStatic			000000005382	000000000955	10617764.16	155266452.4	-201737519.0
SDL	LinStatic			000000002572	000000000969	6438736	96131040	-121755884.0
RSPX	LinRespSpec	Max		1061845.3	340486.38	31.49	36333407.95	115542019.2
RSPY	LinRespSpec	Max		318553.59	1134961.25	10.11	121111359.8	34562605.77
1D+1L	Combination			000000001382	000000002132	34677727.6	52016551.4	-556876824.0
EX	Combination	Max		1061845.3	340486.38	31.49	36333407.95	115542019.2
EX	Combination	Min		-1061845.3	-340486.38	-31.49	-36333407.95	-115542019.2
EY	Combination	Max		318553.59	1134961.25	10.11	121111359.8	34562605.77
EY	Combination	Min		-318553.59	-1134961.25	-10.11	-121111359.8	-34562605.77
1.2D+1R5X+1L	Combination	Max		1061845.3	340486.38	39485751.78	62967921.2	-634752066.0
1.2D+1R5X+1L	Combination	Min		-1061845.3	-340486.38	-39485751.78	-62967921.2	634752066.0
1.2D+1R5Y+1L	Combination	Max		318553.59	1134961.25	39485730.41	713457164	-715642080
1.2D+1R5Y+1L	Combination	Min		-318553.59	-1134961.25	-39485710.18	-713457164	715642080
JDSTL1 = 1.4C	Combination			000000000947	0000000001647	33683946.82	505259232	-63395028.0
STL2 = 1.2D+1	Combination			4.945E-13	000000000294	45660379.79	667905682	-671347197.0
3 = 1.2D+0.5L+	Combination	Max		1061845.3	340486.38	34180859.7	543045381	-533833307
3 = 1.2D+0.5L+	Combination	Min		-1061845.3	-340486.38	-34180859.72	-543045381	533833307
4 = 1.2D+0.5L+	Combination	Max		318553.59	1134961.25	34180843.33	633823533	-614773320
4 = 1.2D+0.5L+	Combination	Min		-318553.59	-1134961.25	-34180828.1	-633823533	614773320
TL5 = 0.3D+1R	Combination	Max		1061845.3	340486.38	21853995.53	361142814	-295883356

Record: 471 of 516

Add Tables...

Gambar 5.5 Berat Total Bangunan SRPMK 40 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.7 Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 40 Lantai

a.J Manual	33348546 kg
b.J Hasil SAP 2000	34677727,6 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	3,98% ≤ 5% (Oke)

4.J 50 Lantai

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StopNum Unitless	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m
LIVE	LinStatic			00000006555	000000007731	13312628,16	199889422,4	-252938935,6
SDL	LinStatic			1,705E-13	000000006196	801,2576	120188640	-152238944,6
RSPY	LinRespSpec	Max		1371082,36	444107,96	92,65	56806252,46	185269455,4
RSPY	LinRespSpec	Max		411324,71	1480359,06	-27,65	195354174,8	5550036,63
1D+1L	Combination			00000000411	00000002188	43998273,51	659374103	-635967197,6
EK	Combination	Max		1371082,36	444107,96	92,65	56806252,46	185269455,4
EK	Combination	Min		-1371082,36	-444107,96	-92,65	-56806252,46	-185269455,4
EY	Combination	Max		411324,71	1480359,06	-27,65	195354174,8	5550036,63
EY	Combination	Min		-411324,71	-1480359,06	27,65	-195354174,8	-5550036,63
1,2D+1RSY+1L	Combination	Max		1371082,36	444107,96	50135430,42	810637231	-767303194
1,2D+1RSY+1L	Combination	Min		-1371082,36	-444107,96	-50135430,42	-810637231	767303194
1,2D+1RSY+1L	Combination	Max		411324,71	1480359,06	50135430,42	947305213	-686991812
1,2D+1RSY+1L	Combination	Min		-411324,71	-1480359,06	-50135430,42	-947305213	686991812
JDSTL1 = 1,4C	Combination			000000003422	000000001389	4295990,349	644399592	-816238166,6
STL2 = 1,2D+1	Combination			000000007554	-4,651E-13	58122979,47	871844892	-1104336610,6
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		1371082,36	444107,96	4347916,14	710792580	-640833226,6
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-1371082,36	-444107,96	-4347916,14	-710792580	640833226,6
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		411324,71	1480359,06	43479116,34	847540502	-770521845,6
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-411324,71	-1480359,06	-43479116,34	-847540502	770521845,6
TL5 = 0,9D+1F	Combination	Max		1371082,36	444107,96	27617173,46	472962465	-309455080,6

Gambar 5.6 Berat Total Bangunan SRPMK 50 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.8 Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 50 Lantai

a.J Manual	42264732 kg
b.J Hasil SAP 2000	43998273,51 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	4,1% ≤ 5% (Oke)

5.J 60 Lantai

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Number	Global FX Kgf	Global FY Kgf	Global FZ Kgf	Global MX Kgf-m	Global MY Kgf-m
LIVE	LinStatic			000000004917	000000000216	16007492.16	240112382.4	-304142351.0
SDL	LinStatic			7.358E-13	-5.116E-13	9562016	143430240	181678304
RSPX	LinRespSpec	Max		1887339.2	548441.95	43.7	88005880.33	271893358.3
RSPY	LinRespSpec	Max		506201.76	1828139.83	15.77	286752934.4	81569510.48
1D+1L	Combination			000000000054	000000003382	53429563.34	801443450	-1015151703
EX	Combination	Max		1887339.2	548441.95	43.7	88005880.33	271893358.3
EX	Combination	Min		-1887339.2	-548441.95	-43.7	-88005880.33	-271893358.3
EY	Combination	Max		506201.76	1828139.83	15.77	286752934.4	81569510.48
EY	Combination	Min		-506201.76	-1828139.83	-15.77	-286752934.4	-81569510.48
1,2D+1R5G+1L	Combination	Max		1887339.2	548441.95	60914027.27	999735544	-885457206
1,2D+1R5G+1L	Combination	Min		-1887339.2	-548441.95	60913927.88	827883793	-1425263942
1,2D+1R5Y+1L	Combination	Max		506201.76	1828139.83	60913993.34	1200462598	-1075796063
1,2D+1R5Y+1L	Combination	Min		-506201.76	-1828139.83	60913961.8	626956729	-1238935084
JD STL1 = 1,4C	Combination			000000006128	0000000001711	52390899.65	785863495	-895427093
STL2 = 1,2D+1	Combination			000000002615	0000000004523	70716472.87	1057777093	-1338809884
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		1887339.2	548441.95	52910281.19	879679353	-733396030
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-1887339.2	-548441.95	52910181.8	707527592	-1277152767
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		506201.76	1828139.83	52910247.36	1080409407	-923724888
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-506201.76	-1828139.83	52910215.72	506800538	-1088853909
TL5 = 0,9D+1F	Combination	Max		1887339.2	548441.95	33673913.75	531223041	-368019048

Gambar 5.7 Berat Total Bangunan SRPMK 60 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.9 Berat total bangunan (1D+1L) SRPMK 60 Lantai

a.J Manual	51335246 kg
b.J Hasil SAP 2000	53429563,34 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	4,1% ≤ 5% (Oke)

5.4.2 Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus

1.J 20 Lantai

Base Reactions

File View Format Filter Sort Select Options

Units: As Noted

Output Case Text	Case Type Text	Stop Type Text	Stop Num Unitless	Global FX Kgf	Global FY Kgf	Global FZ Kgf	Global MX Kgf-m	Global MY Kgf-m
UVE	LinStatic			-7,841E-14	0,00000009322	5228036,16	78420542,4	-89332887,1
SDL	LinStatic			-1,705E-13	0,00000003126	3201056	48019840	-60820064,1
RSPK	LinRespSpec	Max		463478,63	145839,88	0,01609	7949994,71	25657445,72
RSPY	LinRespSpec	Max		140843,59	489666,3	0,00000	26496649,05	7897233,71
1D+1L	Combination			0,00000001231	0,00000001361	15623822,58	234367338,7	-296862629,1
EX	Combination	Max		463478,63	145839,88	0,01609	7949994,71	25657445,72
EX	Combination	Min		-463478,63	-145839,88	-0,01609	-7949994,71	-25657445,72
EY	Combination	Max		140843,59	489666,3	0,00000	26496649,05	7897233,71
EY	Combination	Min		-140843,59	-489666,3	-0,00000	-26496649,05	-7897233,71
1,2D+1RSX+1L	Combination	Max		463478,63	145839,88	17702979,88	273433692,7	-310639172
1,2D+1RSX+1L	Combination	Min		-463478,63	-145839,88	-17702979,88	-273433692,7	310639172
1,2D+1RSY+1L	Combination	Max		140843,59	489666,3	17702979,88	252041347	-336693384
1,2D+1RSY+1L	Combination	Min		-140843,59	-489666,3	-17702979,88	-252041347	336693384
JDS TL1 = 1,4D	Combination			0,00000000183	0,00000005006	14554100,99	218311514,8	-276527319,1
STL2 = 1,2D+	Combination			0,00000001447	0,00000002007	20639801,56	312837023,4	-358566230,1
3 = 1,2D+0,9L+	Combination	Max		463478,63	145839,88	15088961,8	234293421,5	-261032828
3 = 1,2D+0,9L+	Combination	Min		-463478,63	-145839,88	-15088961,77	-234293421,5	261032828
4 = 1,2D+0,9L+	Combination	Max		140843,59	489666,3	15088961,8	252831075,8	-278993040
4 = 1,2D+0,9L+	Combination	Min		-140843,59	-489666,3	-15088961,76	-252831075,7	278993040
TL5 = 0,5D+1F	Combination	Max		463478,63	145839,88	9256207,79	148292111,4	-152110502

Record 1 of 516

Add Tables... Done

Gambar 5.8 Berat Total Bangunan SRBKK 20 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.10 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 20 Lantai

a.J Manual	15798782 kg
b.J Hasil SAP 2000	15623822,58 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	1,1% ≤ 5% (Oke)

2.J 30 Lantai

Base Reactions

File View Format Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Base Reactions

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m
LME	LinStatic			00000000003	000000001228	7522900.16	118843502.4	-150535103.0
SDL	LinStatic			000000001535	000000003752	4804396	72073440	-31293024.0
RSPX	LinRespSpec	Max		728102.64	230594.31	-59.37	18497637.34	59769588.34
RSPY	LinRespSpec	Max		218430.79	768981.02	-17.84	61656791.06	1730876.5
1D+1L	Combination			000000001949	000000001516	23977780.58	359665709	-459577831.0
E+	Combination	Max		728102.64	230594.31	-59.37	18497637.34	59769588.34
E+	Combination	Min		-728102.64	-230594.31	-59.37	-18497637.34	-59769588.34
E+	Combination	Max		218430.79	768981.02	-17.84	61656791.06	1730876.5
E+	Combination	Min		-218430.79	-768981.02	-17.84	-61656791.06	-1730876.5
1,2D+1RS+1L	Combination	Max		728102.64	230594.31	27188816.04	426328967	-4568167981
1,2D+1RS+1L	Combination	Min		-728102.64	-230594.31	27188897.3	369333713	-576359365
1,2D+1RS+1L	Combination	Max		218430.79	768981.02	27188774.51	4694901.41	-488655500
1,2D+1RS+1L	Combination	Min		-218430.79	-768981.02	27188738.82	346172559	-534517253
JDSTL1 = 1,4C	Combination			000000002308	000000005431	22476832.53	337152489	-427058819.0
STL2 = 1,2D+1	Combination			000000002458	000000000243	31942456.75	479137451	-606907438.0
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		728102.64	230594.31	23227355.96	366307236	-381543237
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-728102.64	-230594.31	23227247.22	329511961	-501084131
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		218430.79	768981.02	23227324.43	410063390	-423387949
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-218430.79	-768981.02	23227288.74	286750807.7	-479249702
TL5 = 0,9D+1FI	Combination	Max		728102.64	230594.31	14445451.75	235238523	-214768867

Record: 1 of 541

Add Tables...

Gambar 5.9 Berat Total Bangunan SRBKK 30 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.11 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 30 Lantai

a.J Manual	23710813 kg
b.J Hasil SAP 2000	23977780,58 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	1,1% ≤ 5% (Oke)

3.J 40 Lantai

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unless	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m
LIVE	LinStatic			00000000825	00000001171	10617764,16	159265452,4	201737519,0
SDL	LinStatic			000000004377	000000006821	5408736	96131040	-121765984,0
RSPK	LinRespSpec	Max		984077,78	-310638,07	11,32	32982200,33	107190072,7
RSPY	LinRespSpec	Max		295223,33	1035460,23	-3,72	109940657,8	32157021,8
1D+1L	Combination			000000007245	000000002052	33097044,09	436495651	-628843838,0
EX	Combination	Max		984077,78	-310638,07	11,32	32982200,33	107190072,7
EX	Combination	Min		-984077,78	310638,07	-11,32	-32982200,33	-107190072,7
EY	Combination	Max		295223,33	1035460,23	-3,72	109940657,8	32157021,8
EY	Combination	Min		-295223,33	-1035460,23	3,72	-109940657,8	-32157021,8
1,2D+1RSX+1L	Combination	Max		984077,78	-310638,07	3753291,39	536875701	-607075029
1,2D+1RSX+1L	Combination	Min		-984077,78	310638,07	-3753291,39	-536875701	607075029
1,2D+1RSY+1L	Combination	Max		295223,33	1035460,23	3753290,79	673634169	662106000
1,2D+1RSY+1L	Combination	Min		-295223,33	-1035460,23	-3753290,79	-673634169	-662106000
JDS1L1 = 1,4C	Combination			00000000113	000000001234	31470991,9	472054878	587948846,0
STL2 = 1,2D+1	Combination			000000008365	000000002931	43963956,57	659453378	835307613,0
3 = 1,2D+0,5L	Combination	Max		984077,78	-310638,07	32284025,31	517342470	506206289
3 = 1,2D+0,5L	Combination	Min		-984077,78	310638,07	-32284005,67	-517342470	-506206289
4 = 1,2D+0,5L	Combination	Max		295223,33	1035460,23	32284021,71	584200938	581239320
4 = 1,2D+0,5L	Combination	Min		-295223,33	-1035460,23	-32284014,27	-584200938	-581239320
TL5 = 0,9D+1F	Combination	Max		984077,78	-310638,07	20231363,25	336492479	-277205614

Gambar 5.10 Berat Total Bangunan SRBKK 40 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.12 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 40 Lantai

a.J Manual	33014565 kg
b.J Hasil SAP 2000	33097044,09 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	0,25% ≤ 5% (Oke)

4.J 50 Lantai

Base Reactions

File View Format Filter Sort Select Options

Units: As Noted

Base Reactions

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unless	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m
LIVE	LinStatic			0.0000000661	0.0000001295	13312628.16	19969422.4	-25293935.0
SDL	LinStatic			0.0000007276	0.0000001256	8012576	130188640	-152238944.0
RSPY	LinRespSpec	Max		1388141.36	-392411.28	5.13	51445717.03	173617479.7
RSPY	LinRespSpec	Max		386442.41	1308037.5	2.38	17148523.4	52085243.9
1D+1L	Combination			0.0000001399	0.0000003179	42400635.36	63600530	-80561202.0
EX	Combination	Max		1388141.36	-392411.28	5.13	51445717.03	173617479.7
EX	Combination	Min		-1388141.36	-392411.28	5.13	-51445717.03	-173617479.7
EY	Combination	Max		386442.41	1308037.5	2.38	17148523.4	52085243.9
EY	Combination	Min		-386442.41	-1308037.5	2.38	-17148523.4	-52085243.9
1,2D+1RSY+1L	Combination	Max		1388141.36	-392411.28	48218241.94	774719258	-742529020
1,2D+1RSY+1L	Combination	Min		-1388141.36	-392411.28	48218231.67	671627835	-1089763879
1,2D+1RSY+1L	Combination	Max		386442.41	1308037.5	48218239.18	894759276	864061255
1,2D+1RSY+1L	Combination	Min		-386442.41	-1308037.5	48218234.43	557787829	-968231743
JDS1(L) = 1.4C	Combination			0.0000002077	0.0000002534	40723210.09	610948151	-773740982
STL2 = 1.2D+1	Combination			0.0000001643	0.0000004331	56205813.7	843082205	-1067910460
3 = 1.2D+0.9L	Combination	Max		1388141.36	-392411.28	41561927.66	674674588	616059052
3 = 1.2D+0.9L	Combination	Min		-1388141.36	-392411.28	41561917.59	571383124	-963294011
4 = 1.2D+0.9L	Combination	Max		386442.41	1308037.5	41561925.1	754914564	-737591288
4 = 1.2D+0.9L	Combination	Min		-386442.41	-1308037.5	41561920.35	451943117	841761775
TL5 = 0.9D+1E	Combination	Max		1388141.36	-392411.28	26179211.62	444133014	-323627444

Record: 1 of 541

Add Tables... Done

Gambar 5.11 Berat Total Bangunan SRBKK 50 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.13 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 50 Lantai

a.J Manual	41856905 kg
b.J Hasil SAP 2000	42400635,36 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	1,3% ≤ 5% (Oke)

5.J 60 Lantai

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unitless	Global X Kgf	Global Y Kgf	Global Z Kgf	Global MX Kgf-m	Global MY Kgf-m
LIVE	Uniform		0000000303	00000001532	16007492.16	240112382.4	-304142351.0	
SBL	Uniform		00000001029	000000006764	3662016	143430240	-181678304.0	
RSPX	LinRespSpec	Max	1604226.51	518959.86	5.38	80918356.32	257073858.3	
RSPY	LinRespSpec	Max	481267.95	172996.19	1.38	269727854.4	77122157.5	
1D+1L	Combination		00000002441	000000003595	51708241.83	775623627	-932456395.0	
EX	Combination	Max	1604226.51	518959.86	5.38	80918356.32	257073858.3	
EY	Combination	Min	-1604226.51	-518959.86	-5.38	-80918356.32	-257073858.3	
EY	Combination	Max	481267.95	172996.19	1.38	269727854.4	77122157.5	
EY	Combination	Min	-481267.95	-172996.19	-1.38	-269727854.4	-77122157.5	
1.2D+1RS+1L	Combination	Max	1604226.51	518959.86	58848397.14	963644233	-861045595	
1.2D+1RS+1L	Combination	Min	-1604226.51	-518959.86	-58848397.14	-963644233	861045595	
1.2D+1RS+1L	Combination	Max	481267.95	172996.19	58848393.74	1152453731	-1040997286	
1.2D+1RS+1L	Combination	Min	-481267.95	-172996.19	-58848393.74	-1152453731	1040997286	
UDS TL1 = 1.4C	Combination		00000002984	00000001405	49961045.53	749715743	-949639941.0	
STL2 = 1.2D+1	Combination		00000003053	000000003751	68452887.06	1026793306	-1306048541.0	
3 = 1.2D+0.5L	Combination	Max	1604226.51	518959.86	50844640.3	843588042	-708974410	
3 = 1.2D+0.5L	Combination	Min	-1604226.51	-518959.86	-50844640.3	-843588042	708974410	
4 = 1.2D+0.5L	Combination	Max	481267.95	172996.19	50844647.66	1032397540	-88826110	
4 = 1.2D+0.5L	Combination	Min	-481267.95	-172996.19	-50844647.66	-1032397540	88826110	
TLS = 0.3D+1F	Combination		1604226.51	518959.86	32130880.08	562978477	-353408961	

Gambar 5.12 Berat Total Bangunan SRBKK 60 Lantai (1D+1L)
Analisa SAP2000

Tabel 5.14 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK 60 Lantai

a.J Manual	50815491 kg
b.J Hasil SAP 2000	51708241,83 kg
Prosentase (selisih/manualx100%)	1,76% ≤ 5% (Oke)

5.4.3 Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus Menggunakan Outrigger

1.J 20 Lantai

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m
DEAD	LinStatic			00000007778	00000004093	6145133.15	52191997.27	-115276530.0
MODAL	LinModal	Mode	1	11496.19	0.0002186	0.001201	0.01923	619018.671
MODAL	LinModal	Mode	2	0.0003041	12597.59	-0.0005045	-677691.85	0.0045621
MODAL	LinModal	Mode	3	-0.0003735	-0.0007335	0.004711	0.1	-0.15
MODAL	LinModal	Mode	4	43367.18	0.000112	-0.00094	-0.37	-94015.821
MODAL	LinModal	Mode	5	-0.01878	-47796.27	0.14	-109057.22	-3.94
MODAL	LinModal	Mode	6	0.01695	0.03067	0.0974	1.17	-2.36
MODAL	LinModal	Mode	7	-113662	0.00668	0.06724	1.55	610904.321
MODAL	LinModal	Mode	8	0.0723	-115721.74	1.33	706750.91	-22.53
MODAL	LinModal	Mode	9	0.14	0.31	-0.57	-5.28	8.45
MODAL	LinModal	Mode	10	-0.00568	-5094.53	0.04792	-2370.1	-0.33
MODAL	LinModal	Mode	11	0.000522	3.75	119.31	1781.23	-2265.88
MODAL	LinModal	Mode	12	-326.21	-0.02035	-0.01239	-0.11	6360.671
LIVE	LinStatic			00000000551	00000001419	5229036.16	79420542.4	-9332097.0
SDL	LinStatic			00000000350	00000000342	3201056	48015640	-6003004.0
RSPX	LinRestSpec	Max		540968.07	162318.72	0.56	7356173.89	26495257.6
RSPY	LinRestSpec	Max		152360.42	541062.33	0.56	26520673.62	7949890.28
1D+1L	Combination			000000002052	00000000149	14575225.31	219626379.7	-278928291.0
EX	Combination	Max		540968.07	162318.72	0.56	7356173.89	26495257.6
EX	Combination	Min		540968.07	-162318.72	-0.56	-7356173.89	-26495257.6

Gambar 5.13 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 20 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000

Tabel 5.15 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+Outrigger 20 Lantai

a.J Manual	15069129 kg
b.J Hasil SAP 2000	14575225,31 kg
Prosentase (selisih/manualx100%)	3,3% ≤ 5% (Oke)

2.J 30 Lantai

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unitless	Global FX Kgf	Global FY Kgf	Global FZ Kgf	Global MX Kgf-m	Global MY Kgf-m
DEAD	LinStatic			0.0000000329	0.0000000301	10129939	151904095	-192411841
MODAL	LinModal	Mode	1	5294.31	-0.000008573	0.0001012	0.001198	422959.4
MODAL	LinModal	Mode	2	0.00001906	5893.53	0.0001394	-4.7095814	-0.003581
MODAL	LinModal	Mode	3	0.0001051	-0.000003019	-0.0001496	0.002456	0.00347
MODAL	LinModal	Mode	4	20453.6	0.001467	0.003055	0.04006	-30597.14
MODAL	LinModal	Mode	5	0.002332	22940.71	0.02243	31187.38	-0.06758
MODAL	LinModal	Mode	6	-0.007019	-0.005463	-0.016	-0.03794	0.76
MODAL	LinModal	Mode	7	-52811.8	0.03494	0.15	0.55	-496166.71
MODAL	LinModal	Mode	8	0.03343	55772.51	0.11	-560166.96	-2.19
MODAL	LinModal	Mode	9	-0.01685	0.03703	-0.02062	-0.6	1.45
MODAL	LinModal	Mode	10	-71109.29	0.43	0.15	2.54	-7425.82
MODAL	LinModal	Mode	11	0.14	-74835.01	0.74	-21469.07	-15.13
MODAL	LinModal	Mode	12	-0.12	-0.22	-0.26	-19.75	-25.03
LIVE	LinStatic			0.00000003047	0.00000001382	7922900.16	118843502.4	-150535103.0
SDL	LinStatic			0.00000001246	0.00000009668	4804836	72073440	-91293024.0
RSPX	LinRespSpec	Max		802689.47	241793.01	0.47	18157044.42	60522836.47
RSPY	LinRespSpec	Max		240800.84	805976.71	0.36	60523481.4	18156850.94
1D+1L	Combination			0.00000006322	0.00000005957	22854735.16	342621027	-434239968.0
EX	Combination	Max		802689.47	241793.01	0.47	18157044.42	60522836.47
EX	Combination	Min		-802689.47	-241793.01	-0.47	-18157044.42	-60522836.47

Gambar 5.14 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 30 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000

Tabel 5.16 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+Outrigger 30 Lantai

a.J Manual	24019588 kg
b.J Hasil SAP 2000	22854735,16 kg
Prosentase (selisih/manualx100%)	4,8% ≤ 5% (Oke)

3.J 40 Lantai

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unitless	Global X Kgf	Global Y Kgf	Global Z Kgf	Global MX Kgf-m	Global MY Kgf-m
LIVE	LinStaic			00000001288	000000001023	10617764.16	153256462.4	-201737519.0
SDL	LinStaic			000000000739	000000006651	6438736	96131040	-121765884.0
RSPX	LinRespSpec	Max		330024.47	-291046.68	5.69	-30493775.04	100622590.0
RSPY	LinRespSpec	Max		279007.34	-970162.29	-3.26	101646916.8	30186897.01
1D+1L	Combination			00000001459	000000001984	31008847.98	468132720	-589168112.0
EK	Combination	Max		330024.47	-291046.68	5.69	-30493775.04	100622590.0
EK	Combination	Min		330024.47	-291046.68	-5.69	-30493775.04	100622590.0
EY	Combination	Max		279007.34	-970162.29	3.26	101646916.8	30186897.01
EY	Combination	Min		279007.34	-970162.29	-3.26	101646916.8	30186897.01
1,2D+1R5K+1L	Combination	Max		330024.47	-291046.68	35087070.43	566758745	566031240
1,2D+1R5K+1L	Combination	Min		330024.47	-291046.68	35087058.05	498812195	-767277220
1,2D+1R5K+1L	Combination	Max		279007.34	-970162.29	35087067	627951888	-896467333
1,2D+1R5K+1L	Combination	Min		279007.34	-970162.29	35087062.48	424680054	-898841127
JDSTL1 = 1,4C	Combination			-2.387E-13	000000001345	28547517.34	425212760	-542402830.0
STL2 = 1,2D+1	Combination			000000002268	000000000279	41457723.24	521855849	-787636741.0
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		330024.47	-291046.68	29778188.35	477166515	-465152481
3 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-330024.47	-291046.68	29778176.97	415178965	-565408461
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Max		279007.34	-970162.29	29778184.92	548318857	-535588574
4 = 1,2D+0,5L+	Combination	Min		-279007.34	-970162.29	29778180.4	345006823	-593972368
1L5 = 0,9D+1F	Combination	Max		330024.47	-291046.68	18351981.13	305773406.6	-243064543

Gambar 5.15 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 40 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000

Tabel 5.17 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+Outrigger 40 Lantai

a.J Manual	32613967 kg
b.J Hasil SAP 2000	31008847,98 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	4,9% ≤ 5% (Oke)

4.J 50 Lantai

Output Case Text	Case Type	Step Type	Step Num	Unitless	Global FX Kgf	Global FY Kgf	Global FZ Kgf	Global MX Kgf-m	Global MY Kgf-m	Global MZ Kgf-m
LIVE	LinElastic				0.00000002377	0.00000002046	13312628.16	199629422.4	-25293995.0	
SDL	LinElastic				-1.137E-13	0.00000000739	8.07E576	120188640	-152239944.0	
RSPX	LinRespSpec	Max			1182096.03	-348067.63	5.33	45135868.78	159397514.5	
RSPY	LinRespSpec	Max			354628.81	1160225.43	-2.42	150452895.9	47819254.34	
1D+1L	Combination				0.00000002263	0.00000001279	40128111.48	6.07E21672	-762434118.0	
EK	Combination	Max			1182096.03	-348067.63	5.33	45135868.78	159397514.5	
EY	Combination	Min			-1182096.03	-348067.63	-5.33	-45135868.78	-159397514.5	
EY	Combination	Max			354628.81	1160225.43	2.42	150452895.9	47819254.34	
EY	Combination	Min			-354628.81	-1160225.43	-2.42	-150452895.9	-47819254.34	
1,2D+1RSX+1L	Combination	Max			1182096.03	-348067.63	45491213.47	727503991	-704395440	
1,2D+1RSX+1L	Combination	Min			-1182096.03	-348067.63	45491202.81	637232253	-1023730469	
1,2D+1RSY+1L	Combination	Max			354628.81	1160225.43	45491210.56	832621018	-816513700	
1,2D+1RSY+1L	Combination	Min			-354628.81	-1160225.43	45491205.72	531915226	-912152209	
1D51L1=1,4C	Combination				1.53E-13	0.00000001074	37541676.65	563125150	-713291856	
51L2=1,2D+1	Combination				0.00000003667	0.00000002953	53478785.04	802181776	-1016296916	
3=1,2D+0.9L+	Combination	Max			1182096.03	-348067.63	38834889.39	627655280	-578465473	
3=1,2D+0.9L+	Combination	Min			-1182096.03	-348067.63	38834886.73	537387542	-897265022	
4=1,2D+0.9L+	Combination	Max			354628.81	1160225.43	38834886.48	732976307	-630043733	
4=1,2D+0.9L+	Combination	Min			-354628.81	-1160225.43	38834891.64	432070515	-785682242	
1L5=0.9D+1F	Combination	Max			1182096.03	-348067.63	24133940.32	407144894	-299147250	

Gambar 5.16 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 50 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000

Tabel 5.18 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+Outrigger 50 Lantai

a.J Manual	41282204 kg
b.J Hasil SAP 2000	40128111,48 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	2,8% ≤ 5% (Oke)

5.J 60 Lantai

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Step Num Unitless	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	GlobalMX Kgf-m	GlobalMY Kgf-m
LIVE	LinElastic			-7.477E-13	0.0000000821	15007492.16	240112332.4	-304142351.1
SDL	LinElastic			0.00000000739	0.000000007674	9562016	143430240	-181678304
RBPX	LinPleasSpec	Max		-1489851.75	475106.47	0.2	73423081.75	237688215.5
RBPY	LinPleasSpec	Max		446955.53	1583688.24	0.06104	244743605.8	71309464.94
1D+1L	Combination			0.00000002833	0.00000001947	49377302.76	740659541	-938168752
EK	Combination	Max		-1489851.75	475106.47	0.2	73423081.75	237688215.5
EK	Combination	Min		-1489851.75	-475106.47	0.2	-73423082	-237688216
EY	Combination	Max		446955.53	1583688.24	0.06104	244743605.8	71309464.94
EY	Combination	Min		446955.53	-1583688.24	-0.06104	-244743606	-71309465
1.2D+1RSX+1L	Combination	Max		-1489851.75	475106.47	56051354.68	914152055	-827275916
1.2D+1RSX+1L	Combination	Min		-1489851.75	-475106.47	56051354.68	767345691	-1302672249
1.2D+1RSY+1L	Combination	Max		446955.53	1583688.24	56051354.94	1085512579	-993664569
1.2D+1RSY+1L	Combination	Min		446955.53	-1583688.24	56051354.92	596025367	-1135203498
JDSTL1 = 1.4C	Combination			0.00000005014	0.00000001771	45717734.84	700766023	-887636362
STL2 = 1.2D+	Combination			0.00000003101	0.00000003659	65655760.17	984836403	-1247459443
3 = 1.2D+0.5L+	Combination	Max		-1489851.75	475106.47	48047519	794135664	-675204641
3 = 1.2D+0.5L+	Combination	Min		-1489851.75	-475106.47	48047518.66	647289700	-1150601074
4 = 1.2D+0.5L+	Combination	Max		446955.53	1583688.24	48047518.66	965456388	-841533392
4 = 1.2D+0.5L+	Combination	Min		446955.53	-1583688.24	48047518.74	475959175	-984212322
TL5 = 0.9D+1F	Combination	Max		-1489851.75	475106.47	30032629.74	523815525	-332925545

Gambar 5.17 Berat Total Bangunan SRBKK+Outrigger 60 Lantai (1D+1L) Analisa SAP2000

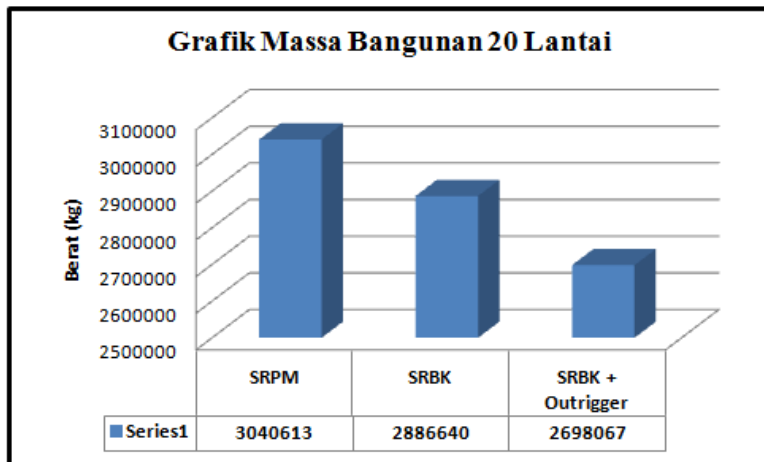
Tabel 5.19 Berat total bangunan (1D+1L) SRBKK+Outrigger 60 Lantai

a.J Manual	50184484 kg
b.J Hasil SAP 2000	49377302,76 kg.
Prosentase (selisih/manualx100%)	1,6% ≤ 5% (Oke)

5.5 Perbandingan Massa Bangunan

Perbandingan massa bangunan ditunjukkan dalam bentuk grafik dari ketiga sistem ditinjau dari total berat profil baja yang digunakan, baik profil kolom, balok induk, balok anak, bresing, belt truss, dan outrigger.

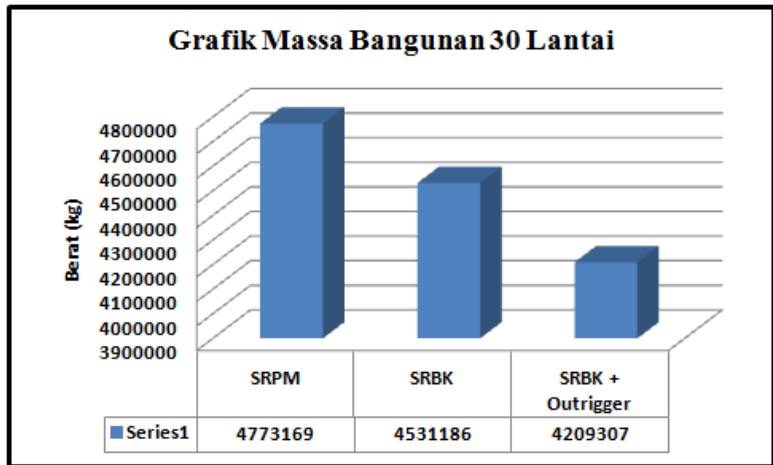
5.5.1 Bangunan 20 Lantai



Gambar 5.18 Grafik Perbandingan Massa Bangunan 20 Lantai

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa massa pada bangunan 20 lantai untuk sistem rangka pemikul momen ialah 3040613 kg, sistem rangka bresing konsentrik ialah 2886640 kg, dan sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* ialah 2698067 kg.

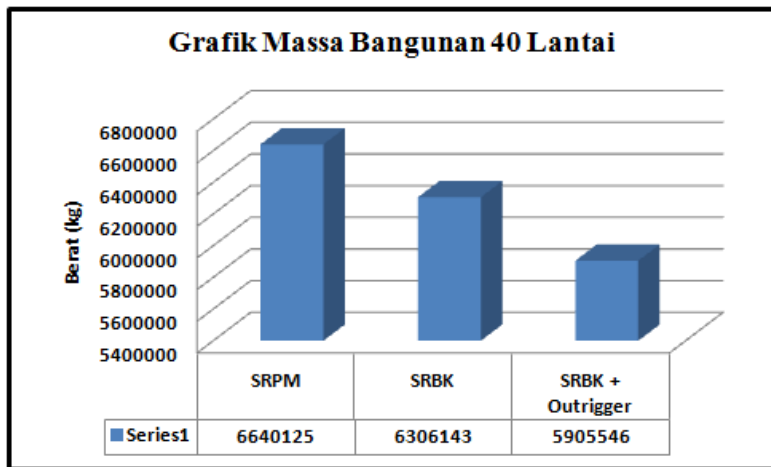
5.5.2 Bangunan 30 Lantai



Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Massa Bangunan 30 Lantai

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa massa pada bangunan 30 lantai untuk sistem rangka pemikul momen ialah 4773169 kg, sistem rangka bresing konsentrik ialah 4531186 kg, dan sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* ialah 4209307 kg.

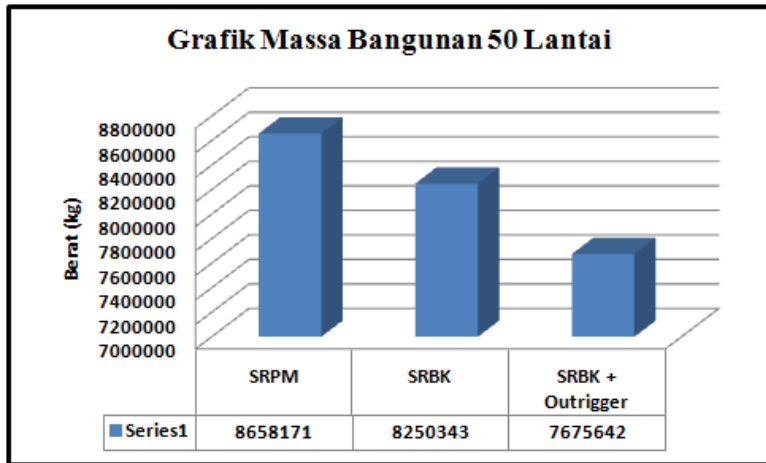
5.5.3 Bangunan 40 Lantai



Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Massa Bangunan 40 Lantai

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa massa pada bangunan 40 lantai untuk sistem rangka pemikul momen ialah 6640125 kg, sistem rangka bresing konsentrik ialah 6306143 kg, dan sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* ialah 5905546 kg.

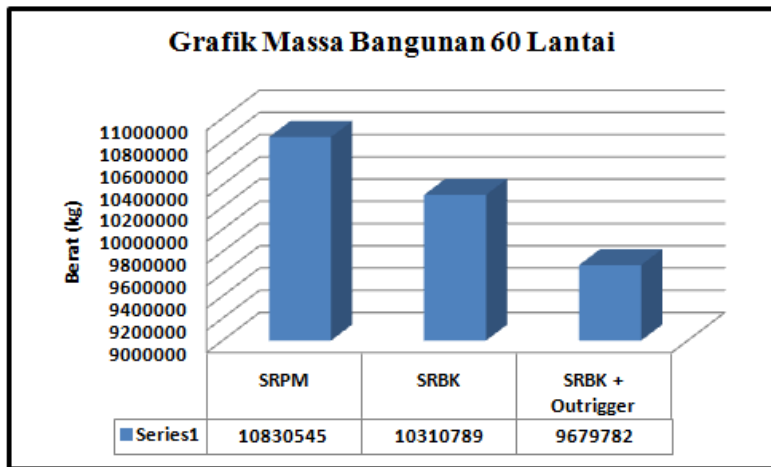
5.5.4 Bangunan 50 Lantai



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Massa Bangunan 50 Lantai

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa massa pada bangunan 50 lantai untuk sistem rangka pemikul momen ialah 8658171 kg, sistem rangka bresing konsentrik ialah 8250343 kg, dan sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* ialah 7675642 kg.

5.5.5 Bangunan 60 Lantai



Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Massa Bangunan 60 Lantai

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa massa pada bangunan 60 lantai untuk sistem rangka pemikul momen ialah 10830545 kg, sistem rangka bresing konsentrik ialah 10310789 kg, dan sistem rangka bresing konsentrik menggunakan *outrigger* ialah 9679782 kg.

Dari seluruh grafik perbandingan berat bangunan dapat disimpulkan bahwa SRBKK menggunakan *outrigger* lebih ringan dibandingkan dengan SRPMK dan SRBKK.

5.6 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur baja harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan di bawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2:

1. $J \ 1,4D$
2. $J \ 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $J \ 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + 0,5(L \text{ atau } 0,5W)$
4. $J \ 1,2D + 1,0 \ W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
5. $J \ 1,2D + 1,0E + L$
6. $J \ 0,9D + 1,0W$
7. $J \ 0,9D + 1,0E$

Keterangan : D : Beban Mati
 L : Beban Hidup
 Lr atau R : Beban Hujan
 W : Beban Angin
 E : Beban Gempa

5.7 Pembebanan Gempa Dinamis

Perencanaan struktur bangunan ini terdiri dari jumlah lantai yang variatif.. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

5.7.1 Arah Pembebanan

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah sembarang, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus tetapi ditinjau 30%.

5.7.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

1. JMenentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung
Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko II.
2. JMenentukan Faktor Keutamaan Gempa
Berdasarkan Kategori gempa yang didapat maka dari SNI 1726:2012 Tabel 2 dapat ditentukan Faktor Keutamaan Gempanya yaitu $I_e = 1$
3. JMenentukan Parameter Percepatan Gempa
Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada Gambar Untuk kota Yogyakarta didapat nilai $S_s = 1,2g$ dan $S_1 = 0,5g$.
4. JMenentukan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726:2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N berdasarkan data hasil SPT.

Adapun definisi parameter kelas situs yang menggunakan data SPT dapat dilihat pada SNI 1726:2012 pasal 5.4.2 persamaan (2)

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Keterangan:

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter;

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ meter}$$

N_i = tahanan penetrasi standar yang terukur langsung dilapangan.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai \bar{N} pada Tabel 6.2 diketahui situs merupakan Tanah Sedang (SD). $\bar{N} = 15 \text{ s/d}$ 50.

Tabel 5.20 Perhitungan Nilai \bar{N}

Blow	NSPT (Ni)	Kedalaman (m)	Tebal (di)	di/Ni (tebal/NSPT)	$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}$	$\bar{N} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$
0	0	0	0	0	10,04	2,988048
1	0	1	1	0		
2	4	2	1	0,250		
3	6	3	1	0,167		
4	4	4	1	0,250		
5	1	5	1	1,000		
6	1	6	1	1,000		
7	1	7	1	1,000		
8	1	8	1	1,000		
9	1	9	1	1,000		
10	1	10	1	1,000		
11	1	11	1	1,000		
12	1	12	1	1,000		
13	2	13	1	0,500		
14	2,5	14	1	0,400		
15	3	15	1	0,333		
16	10	16	1	0,100		
17	25	17	1	0,040		

5. Menentukan Koefisien Situs

Berdasarkan tabel 4 dan 5 pada SNI 1726:2012 dapat diketahui nilai $F_a=1$ dan $F_v=1,5$

6. Menghitung Parameter Percepatan Desain Spektral

Sebelum menentukan parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}) dengan persamaan pada SNI 1726:2012 Pasal 6.2 persamaan (5) dan (6). Selanjutnya nilai SDS dan SDI dapat dicari pada SNI 1726:2012 Pasal 6.3 persamaan (7) dan (8).

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1 \times 1,2 \text{ g} = 1,2 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,5 \times 0,5 \text{ g} = 0,75 \text{ g}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,2g = 0,8g$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,75g = 0,5g$$

7.JMenentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan tabel 6 dan 7 pada SNI 1726:2012 dilihat dari kategori resiko yang didapat pada tinjauan sebelumnya maka diketahui bangunan termasuk kategori desain seismic D untuk kedua parameter S_{DS} dan S_{D1} .

8.JMenentukan parameter struktur R , C_d , dan Ω_0

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk rangka pemikul momen khusus adalah :

$$R^a = 8$$

$$\Omega_0 = 3$$

$$C_d^b = 5,5$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk rangka baja dengan bresing konsentrik adalah :

$$R^a = 6$$

$$\Omega_0 = 2$$

$$C_d^b = 5$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk rangka baja dengan bresing konsentrik dan outrigger adalah :

$$R^a = 5$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_d^b = 4,5$$

9. Analisa model respon spektrum

Untuk grafik respons spektrum rencana, penggambarannya mengikuti ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4 berikut :

• **J Batasan Periode**

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,5}{0,8} = 0,125 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5}{0,8} = 0,625 \text{ detik}$$

• **J Respon spektrum percepatan desain saat $T < T_o$**

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right)$$

Misalkan saat $T=0$ detik maka S_a :

$$S_a = 0,8 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,125} \right) = 0,4g$$

• **J Respon spektrum percepatan desain saat $T_o \leq T \leq T_s$**

$$S_a = S_{DS} = 0,8g$$

• **J Respon Spektrum Percepatan Desain saat $T \geq T_s$**

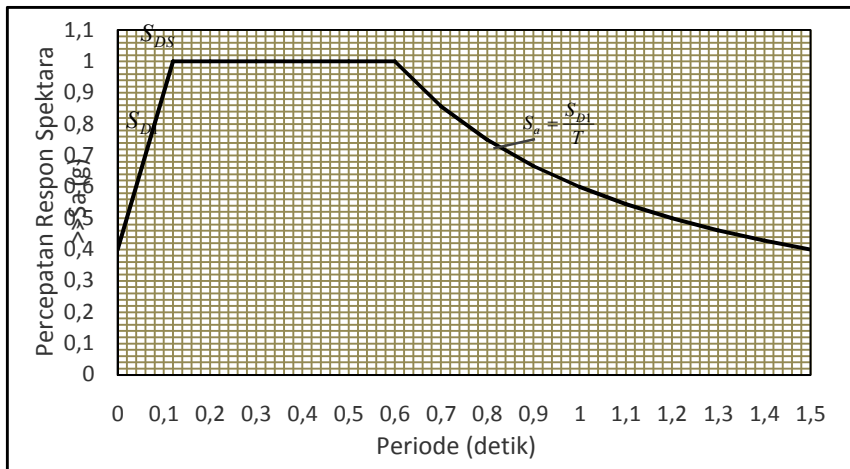
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Karena $T_s = 0,6$ detik maka untuk $T \geq T_s$. Misalkan T yang diambil $0,7$ detik. Maka :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,5}{0,7} = 0,714$$

Tabel 5.21 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra (S_a) berdasarkan ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4

T	S_a
0	0,400
0,12	0,800
0,2	0,800
0,3	0,800
0,4	0,800
0,5	0,800
0,6	0,800
0,7	0,714
0,8	0,625
0,9	0,556
1,0	0,500
1,1	0,455
1,2	0,417
1,3	0,385
1,4	0,357
1,5	0,333



Gambar 5.23 Hasil Grafik Spektrum Respon Desain

Nilai spectrum respons tersebut harus dikalikan dengan suatu factor skala (*scale factor*) yang besarnya = $g \times I_e/R$
 Keterangan : g = percepatan gravitasi ($g=9,81 \text{ m/det}$)

▪J Untuk MRF

$Scale\ factor = 9,81 \times 1 / 8 = 1,22625$, karena gempa dua arah yaitu arah x,y maka beban gempa didistribusikan 100% kearah x dan 30% kearah y jika ditinjau dari sumbu x dan sebaliknya. Sehingga scale factor arah x = 1,635 dan scale factor arah y = $0,3 \times 1,22625 = 0,367875$

Nilai redaman untuk struktur baja diambil, $Damping = 0,05$.

Dari hasil analisa struktur menggunakan program analisa struktur didapat nilai T (Periode Getar Fundamental Struktur)

20 Lantai = 2,68 detik

30 Lantai = 4,02 detik

40 Lantai = 5,31 detik

50 Lantai = 6,50 detik

60 Lantai = 7,65 detik

▪J Untuk Bangunan menggunakan bresing

Nilai spectrum respons tersebut harus dikalikan dengan suatu factor skala (*scale factor*) yang besarnya = $g \times I_e/R$

Keterangan : g = percepatan gravitasi ($g=9,81 \text{ m/det}$)

$Scale\ factor = 9,81 \times 1 / 6 = 1,635$, karena gempa dua arah yaitu arah x,y maka beban gempa didistribusikan 100% kearah x dan 30% kearah y jika ditinjau dari sumbu x dan sebaliknya. Sehingga scale factor arah x = 1,635 dan scale factor arah y = $0,3 \times 1,635 = 0,4905$

Nilai redaman untuk struktur baja diambil, $Damping = 0,05$.

Dari hasil analisa struktur menggunakan program analisa

Tabel 5.22 Periode Getar SRBKK dan SRBKK+Outrigger

Gedung	SRBKK	SRBKK + Outrigger
20 Lantai	2,20 detik	1,81 detik
30 Lantai	3,56 detik	2,97 detik
40 Lantai	4,87 detik	4,73 detik
50 Lantai	6,19 detik	6,06 detik
60 Lantai	7,43 detik	7,37 detik

●J Menghitung Periode Fundamental Perkiraan

Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan x terlebih dahulu yang terdapat pada SNI 1726:2012 tabel 15 .Selanjutnya nilai T_a dapat dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1 persamaan (26).

Untuk Sistem Rangka pemikul momen didapat nilai $C_t = 0,0724$ dan $x = 0,8$.

1.J20 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0724 x 80^{0,8} = 2,411 \text{ detik}$$

2.J30 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0724 x 120^{0,8} = 3,355 \text{ detik}$$

3.J40 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0724 x 160^{0,8} = 4,198 \text{ detik}$$

4.J50 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0724 x 200^{0,8} = 5,018 \text{ detik}$$

5.J60 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0724 x 240^{0,8} = 5,806 \text{ detik}$$

Untuk Sistem Rangka berbracing didapat nilai $C_t = 0,0731$ dan $x = 0,75$.

1.J20 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0731 x 80^{0,75} = 1,955 \text{ detik}$$

2.J30 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0731 x 120^{0,75} = 2,650 \text{ detik}$$

3.J40 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0731 x 160^{0,75} = 3,289 \text{ detik}$$

4.J50 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0731 x 200^{0,75} = 3,888 \text{ detik}$$

5.J60 Lantai

$$T_a = C_t x h_n^x = 0,0731 x 240^{0,75} = 4,457 \text{ detik}$$

●J Menghitung Batas Atas Periode Struktur

Periode struktur bangunan dibatasi dengan mengalikan nilai periode fundamental perkiraan dengan koefisien C_u . Berdasarkan nilai SD1 yang didapat dari perhitungan sebelumnya yaitu $0,5g \geq 0,4g$ maka didapat nilai $C_u = 1,4$ yang terdapat pada SNI 1726:2012 tabel 14.

Untuk Sistem Rangka pemikul momen:

1.J 20 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 2,411 = 3,376 \text{ detik}$$

2.J 30 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 3,355 = 4,669 \text{ detik}$$

3.J 40 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 4,198 = 5,877 \text{ detik}$$

4.J 50 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 5,018 = 7,026 \text{ detik}$$

5.J 60 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 5,806 = 8,129 \text{ detik}$$

Untuk Sistem Rangka berbrising :

1.J 20 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 1,955 = 2,738 \text{ detik}$$

2.J 30 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 2,650 = 3,710 \text{ detik}$$

3.J 40 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 3,289 = 4,604 \text{ detik}$$

4.J 50 Lantai

$$C_u x T_a = 1,4 x 3,888 = 5,443 \text{ detik}$$

5.J 60 Lantai

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 4,457 = 6,240 \text{ detik}$$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Dari hasil analisa program bantu analisa struktur didapat $T_c > C_u \times T_a$, maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah $T = C_u \times T_a$

5.8 Analisis Struktur

Hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan- batasan tertentu untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Kontrol- kontrol tersebut adalah sebagai berikut:

- J Kontrol partisipasi massa
- J Kontrol periode getar struktur
- J Kontrol nilai akhir respon spektrum
- J Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari hasil analisis struktur juga, dipilih gaya dalam maksimum yang terjadi pada masing- masing elemen struktur sebagai kontrol kapasitas penampang.

5.8.1 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Jika kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (V_t) lebih kecil 85% dari gaya geser dasar statik (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya gempa harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.1).

1.J Menentukan Koefisien Respons Seismik

Koefisien seismik, C_s , dihitung dengan Persamaan (3-7).

Nilai dari persamaan (3-8) ini tidak perlu melebihi nilai dari

Persamaan (3-9) dan tidak boleh kurang dari nilai Persamaan (3-10) atau dapat dilihat pada SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1.

Untuk MRF :

1.J 20 Lantai

$$C_{S_{perlu}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,8}{\frac{8}{1}} = 0,1$$

$$C_{S1} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{3,376 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0247$$

$$C_{s2} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (\text{OK})$$

$$C_{S2} = 0,044 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,035 \geq 0,01 \quad (\text{OK})$$

Kontrol : 1. $C_{S_{perlu}} \leq C_{S1} = 0,1 \geq 0,0185 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,0185$

2. $C_{S_{perlu}} \geq C_{S2} = 0,1 \geq 0,044 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,1$

Karena struktur yang berlokasi di daerah dimana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,5 g maka $C_{s_{perlu}}$ tidak kurang dari :

$$C_{S3} = \frac{0,5 \cdot S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5 \cdot 0,5}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0313$$

3. $C_{S_{perlu}} \geq C_{S3} = 0,1 \geq 0,0313 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,1$

Dari ketiga hasil perhitungan diatas, apabila digunakan $C_s = 0,1$ maka kontrol 1 tidak memenuhi sehingga digunakan **$C_s = 0,0185$**

Dengan cara yang sama, diperoleh C_s untuk gedung yang lain sebagai berikut:

2.J 30 Lantai : $C_s = 0,0134$

3.J 40 Lantai : $C_s = 0,0106$

4.J 50 lantai : $C_s = 0,0089$

5.J 60 Lantai : $C_s = 0,0077$

Untuk Gedung Berbrebing:

1.J 20 Lantai : $C_s = 0,0304$

2.J 30 Lantai : $C_s = 0,0225$

3.J 40 Lantai : $C_s = 0,0181$

4.J 50 lantai : $C_s = 0,0153$

5.J 60 Lantai : $C_s = 0,0134$

Untuk Gedung Berbresing + Outrigger :

6.J 20 Lantai : $C_s = 0,0365$

7.J 30 Lantai : $C_s = 0,0270$

8.J 40 Lantai : $C_s = 0,0217$

9.J 50 lantai : $C_s = 0,0184$

10.J60 Lantai : $C_s = 0,0160$

2.J Menentukan Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, gaya gempa lateral didapat dengan mengalikan dengan berat bangunan dengan koefisien respon seismik.

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

a. 20 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0185 \times 16337793,94 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{302506,59 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.23 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 20 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	604434,08	182586,85
Gempa Arah Y	181330,23	608622,83

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$604434,08 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 302506,59 \text{ kg}$$

$$604434,08 \text{ kg} \geq 257130,602 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$608622,83 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 302506,59 \text{ kg}$$

$$608622,83 \text{ kg} \geq 257130,602 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

b. $\mathbf{J0}$ Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0134 \times 25424067,35 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{340340,356 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.24 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 30 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	907887,96	273312,91
Gempa Arah Y	272366,39	911043,02

Kontrol nilai akhir respon spektrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$907887,96 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 340340,356 \text{ kg}$$

$$907887,96 \text{ kg} \geq 289289,303 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$911043,02 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 340340,356 \text{ kg}$$

$$911043,02 \text{ kg} \geq 289289,303 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

c. $\mathbf{J40}$ Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0106 \times 34677727,6 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{368780,595 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.25 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 40 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1230415,57	368187,33
Gempa Arah Y	369124,67	1227291,1

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1230415,57 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 368780,595 \text{ kg}$$

$$1230415,57 \text{ kg} \geq 313463,505 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1227291,1 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 368780,595 \text{ kg}$$

$$1227291,1 \text{ kg} \geq 313463,505 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

d.50 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0089 \times 43998273,51 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{391403,815 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.26 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 50 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1545744,33	460908,9
Gempa Arah Y	463723,3	1536363

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1545744,33 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 391403,815 \text{ kg}$$

$$1545744,33 \text{ kg} \geq 332693,242 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1536363 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 391403,815 \text{ kg}$$

$$1536363 \text{ kg} \geq 332693,242 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

e.60 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0077 \times 53429563,34 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{410795,849 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.27 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRPMKK 60 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1858323,79	552322,75
Gempa Arah Y	557497,14	1841075,85

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1858323,79 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 410795,849 \text{ kg}$$

$$1858323,79 \text{ kg} \geq 349176,472 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1841075,85 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 410795,849 \text{ kg}$$

$$1841075,85 \text{ kg} \geq 349176,472 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

2. Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus

a. J20 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0304 \times 15623822,58 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{475601,428 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.28 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 20 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	570876,34	173128,76
Gempa Arah Y	171262,9	577095,86

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$570876,34 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 475601,428 \text{ kg}$$

$$570876,34 \text{ kg} \geq 404261,214 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$577095,86 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 475601,428 \text{ kg}$$

$$577095,86 \text{ kg} \geq 404261,214 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

b. J30 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0225 \times 23977780,58 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{538513,244 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.29 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 30 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	850857,54	257079,34
Gempa Arah Y	255257,26	856931,13

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$850857,54 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 538513,244 \text{ kg}$$

$$850857,54 \text{ kg} \geq 457736,257 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$856931,13 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 538513,244 \text{ kg}$$

$$856931,13 \text{ kg} \geq 457736,257 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

c.40 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0181 \times 33097044,09 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{599063,091 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.30 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 40 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1142846,02	343739,16
Gempa Arah Y	342853,8	1145797,21

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1142846,02 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 599063,091 \text{ kg}$$

$$1142846,02 \text{ kg} \geq 509203,627 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1145797,21 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 599063,091 \text{ kg}$$

$$1145797,21 \text{ kg} \geq 509203,627 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

d.50 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0153 \times 42400635,36 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{649192,074 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.31 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 50 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1455095,59	435596,9
Gempa Arah Y	436528,68	1451989,65

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1455095,59 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 649192,074 \text{ kg}$$

$$1455095,59 \text{ kg} \geq 551813,263 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1451989,65 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 649192,074 \text{ kg}$$

$$1451989,65 \text{ kg} \geq 551813,263 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

e.60 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0134 \times 51708241,83 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{690517,487 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.32 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK 60 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1761120,5	525046,15
Gempa Arah Y	528336,15	1750153,84

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1761120,5 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 690517,487 \text{ kg}$$

$$1761120,5 \text{ kg} \geq 586939,864 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1750153,84 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 690517,487 \text{ kg}$$

$$1750153,84 \text{ kg} \geq 586939,864 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

3. Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger

a.J 20 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0365 \times 14575225,31 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{532417,564 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.33 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 20 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	540868,07	162318,72
Gempa Arah Y	162260,42	541062,39

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$540868,07 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 532417,564 \text{ kg}$$

$$540868,07 \text{ kg} \geq 452554,929 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$541062,39 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 532417,564 \text{ kg}$$

$$541062,39 \text{ kg} \geq 452554,929 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

b.J 30 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0270 \times 22854735,16 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{615949,13 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.34 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 30 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	802669,47	240800,84
Gempa Arah Y	240800,84	805976,71

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$802669,47 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 615949,13 \text{ kg}$$

$$802669,47 \text{ kg} \geq 523556,76 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$805976,71 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 615949,13 \text{ kg}$$

$$805976,71 \text{ kg} \geq 523556,76 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

c. 40 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0217 \times 31008847,98 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{673519,590 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.35 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+ Outrigger 40 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1078441,58	323681,29
Gempa Arah Y	323532,47	1078937,64

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1078441,58 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 673519,590 \text{ kg}$$

$$1078441,58 \text{ kg} \geq 572491,652 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1078937,64 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 673519,590 \text{ kg}$$

$$1078937,64 \text{ kg} \geq 572491,652 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

d. 50 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,0184 \times 40128111,48 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{737277,214 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.36 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+
Outrigger 50 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1373732,99	410898,27
Gempa Arah Y	412119,9	1369660,89

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1373732,99 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 737277,214 \text{ kg}$$

$$1373732,99 \text{ kg} \geq 626685,632 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1369660,89 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 737277,214 \text{ kg}$$

$$1369660,89 \text{ kg} \geq 626685,632 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

e. 60 Lantai

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,016 \times 49377302,76 \text{ kg}$$

$$V_{\text{statik}} = \mathbf{791267,848 \text{ kg/detik}}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.37 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa SRBKK+
Outrigger 60 Lantai

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	1678947,68	499939,83
Gempa Arah Y	503684,3	1666466,1

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

-J Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1678947,68 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 791267,848 \text{ kg}$$

$$1678947,68 \text{ kg} \geq 672577,67 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

-J Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

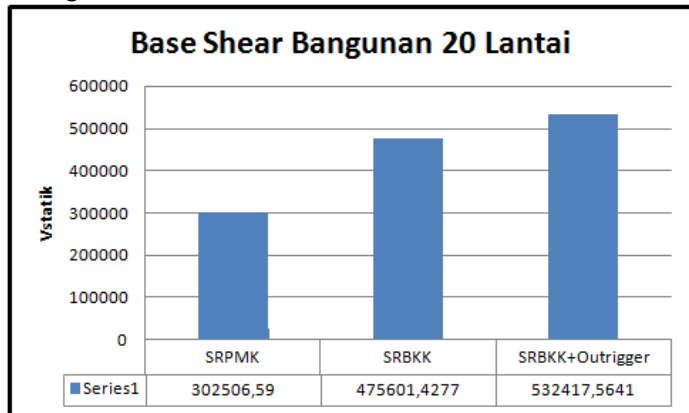
$$1666466,1 \text{ kg} \geq 0,85 \cdot 791267,848 \text{ kg}$$

$$1666466,1 \text{ kg} \geq 672577,67 \text{ kg} \dots \text{Oke!!!}$$

Maka, hasil nilai akhir respon spektrum telah memenuhi

5.8.2 Perbandingan Gaya Geser Dasar Ketiga Sistem

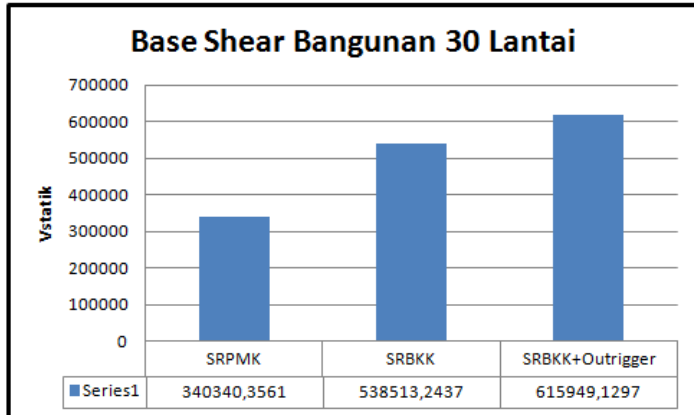
1.J Bangunan 20 Lantai



Gambar 5.24 Grafik Perbandingan Base Shear pada ketiga sistem bangunan 20 Lantai

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai gaya geser dasar pada SRPMK ialah 302506,59 kg, SRBKK ialah 475601,4277 kg, dan pada SRBKK menggunakan *outrigger* ialah 532417,5641 kg. Nilai *base shear* SRPMK lebih kecil dibandingkan SRBKK, dan SRBKK lebih kecil dibandingkan SRBKK menggunakan *outrigger*, hal ini dikarenakan faktor respon gempa $\text{SRPMK} < \text{SRBKK} < \text{SRBKK} + \text{Outrigger}$.

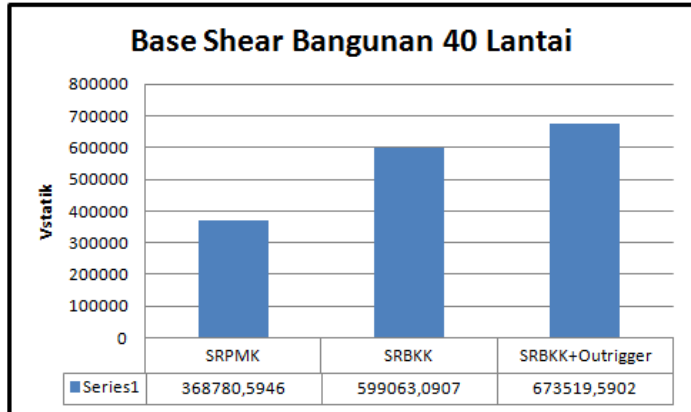
2.J Bangunan 30 Lantai



Gambar 5.25 Grafik Perbandingan Base Shear pada ketiga sistem bangunan 30 Lantai

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai gaya geser dasar pada SRPMK ialah 340340,3561 kg, SRBKK ialah 538513,2437 kg, dan pada SRBKK menggunakan *outrigger* ialah 615949,1297 kg. Nilai *base shear* SRPMK lebih kecil dibandingkan SRBKK, dan SRBKK lebih kecil dibandingkan SRBKK menggunakan *outrigger*, hal ini dikarenakan faktor respon gempa $SRPMK < SRBKK < SRBKK+Outrigger$.

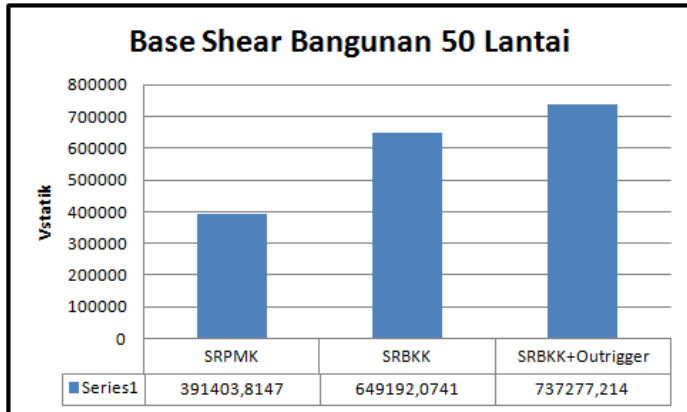
3.J Bangunan 40 Lantai



Gambar 5.26 Grafik Perbandingan Base Shear pada ketiga sistem bangunan 40 Lantai

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai gaya geser dasar pada SRPMK ialah 368780,5964 kg, SRBKK ialah 599063,0907 kg, dan pada SRBKK menggunakan *outrigger* ialah 673519,5902 kg. Nilai *base shear* SRPMK lebih kecil dibandingkan SRBKK, dan SRBKK lebih kecil dibandingkan SRBKK menggunakan *outrigger*, hal ini dikarenakan faktor respon gempa $SRPMK < SRBKK < SRBKK+Outrigger$.

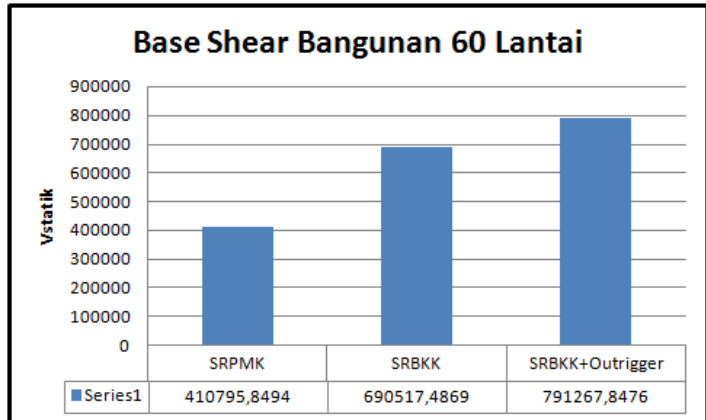
4.J Bangunan 50 Lantai



Gambar 5.27 Grafik Perbandingan Base Shear pada ketiga sistem bangunan 50 Lantai

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai gaya geser dasar pada SRPMK ialah 391403,8147 kg, SRBKK ialah 649192,0741 kg, dan pada SRBKK menggunakan *outrigger* ialah 737277,214 kg. Nilai *base shear* SRPMK lebih kecil dibandingkan SRBKK, dan SRBKK lebih kecil dibandingkan SRBKK menggunakan *outrigger*, hal ini dikarenakan faktor respon gempa $SRPMK < SRBKK < SRBKK+Outrigger$.

5.J Bangunan 60 Lantai



Gambar 5.28 Grafik Perbandingan Base Shear pada ketiga sistem bangunan 60 Lantai

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai gaya geser dasar pada SRPMK ialah 410795,8489 kg, SRBKK ialah 690517,4869 kg, dan pada SRBKK menggunakan *outrigger* ialah 791267,8476 kg. Nilai *base shear* SRPMK lebih kecil dibandingkan SRBKK, dan SRBKK lebih kecil dibandingkan SRBKK menggunakan *outrigger*, hal ini dikarenakan faktor respon gempa $SRPMK < SRBKK < SRBKK+Outrigger$.

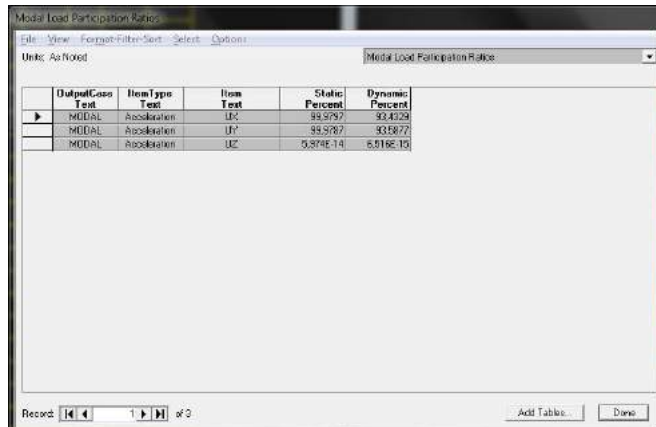
5.8.3 Kontrol Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkomposisi minimal 90% dari massa aktual dari masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau (SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1).

Pada perhitungan ini digunakan bantuan program SAP2000 untuk mendapatkan hasil partisipasi massa seperti pada Gambar 5.9 dan 5.10 dibawah ini.

1.J Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

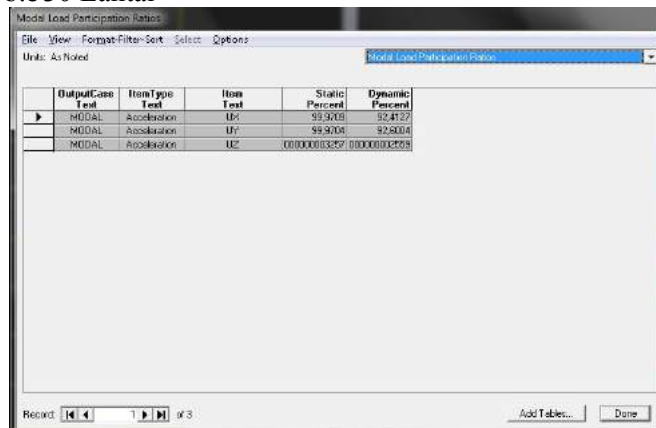
a.J20 Lantai



Output Case Text	Item Type Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UP	99.9797	99.4329
MODAL	Acceleration	UP	99.9797	99.9877
MODAL	Acceleration	UC	0.0374E-14	0.018E-10

Gambar 5.29 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 20 Lantai

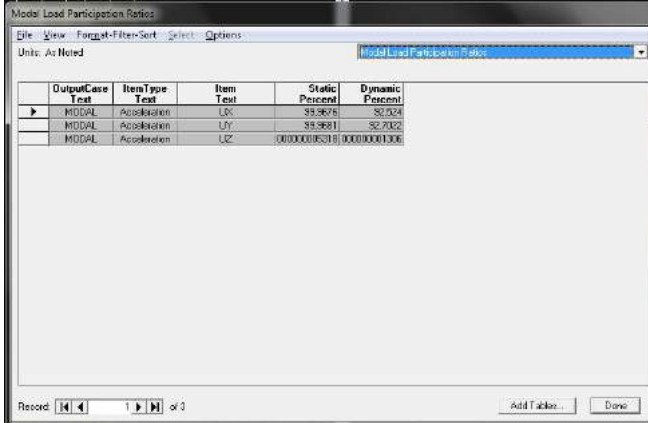
b.J30 Lantai



Output Case Text	Item Type Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UP	99.9709	92.4127
MODAL	Acceleration	UP	99.9709	92.6004
MODAL	Acceleration	UC	0.0000000329	0.0000000209

Gambar 5.30 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 30 Lantai

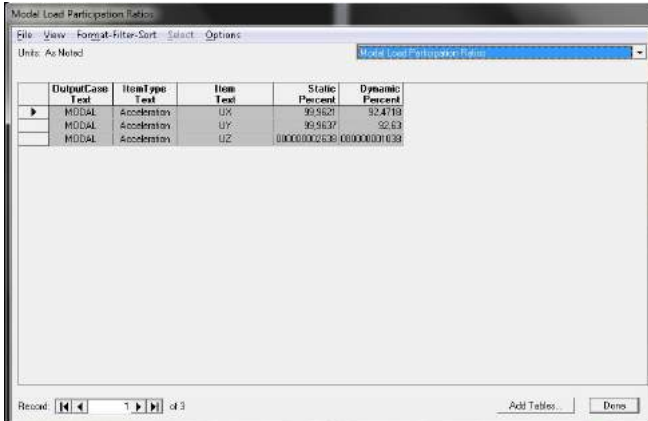
c.J40 Lantai



Output Case Text	Item Type Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	38.9678	52.004
MODAL	Acceleration	UY	98.9881	52.7022
MODAL	Acceleration	UZ	0.0000005319	0.0000001306

Gambar 5.31 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 40 Lantai

d.J50 Lantai



Output Case Text	Item Type Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.5621	92.4719
MODAL	Acceleration	UY	99.5637	92.63
MODAL	Acceleration	UZ	0.0000002636	0.0000001639

Gambar 5.32 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 50 Lantai

e.J60 Lantai

Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
DEAD	Acceleration	UX	99.9616	92.3672
DEAD	Acceleration	UY	99.9616	92.5357
DEAD	Acceleration	UZ	0.0000001013	0.0000000271
MODAL	Acceleration	UX	99.9616	92.3672
MODAL	Acceleration	UY	99.9616	92.5357
MODAL	Acceleration	UZ	0.0000001013	0.0000000271
SDL	Acceleration	UX	99.9616	92.3672
SDL	Acceleration	UY	99.9616	92.5357
SDL	Acceleration	UZ	0.0000001013	0.0000000271

Gambar 5.33 Rasio Partisipasi Massa SRPMK 60 Lantai

Analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

2.J Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus

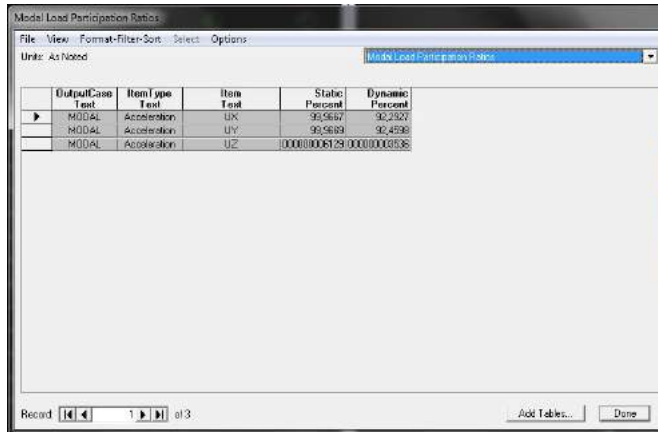
a.J20 Lantai

Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9750	93.6432
MODAL	Acceleration	UY	99.9741	93.7417
MODAL	Acceleration	UZ	0.0000000143	0.0000000143

Gambar 5.34 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 20 Lantai

b.J30 Lantai

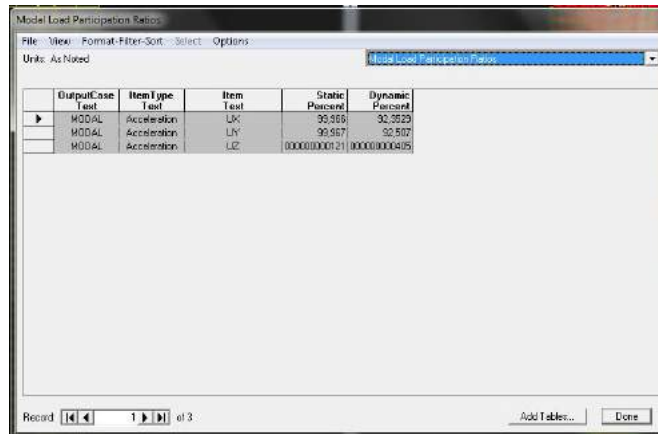
d.J50 Lantai



Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	95.9467	92.2327
MODAL	Acceleration	UY	92.5489	92.4536
MODAL	Acceleration	UZ	0.00000006129	0.0000000736

Gambar 5.37 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 50 Lantai

e.J60 Lantai



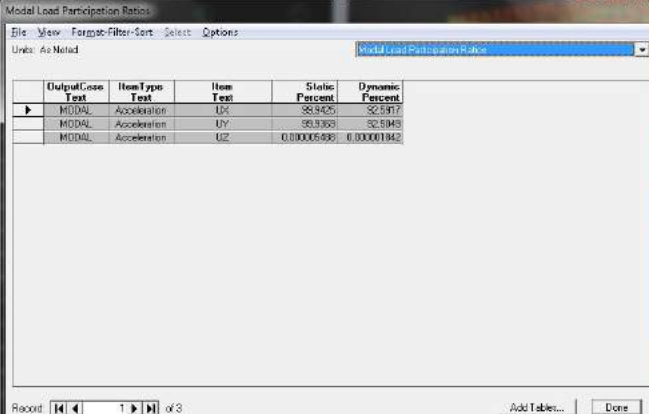
Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	93.955	92.9529
MODAL	Acceleration	UY	99.9577	92.957
MODAL	Acceleration	UZ	0.00000000121	0.0000000495

Gambar 5.38 Rasio Partisipasi Massa SRBKK 60 Lantai

Analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

3.J Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger

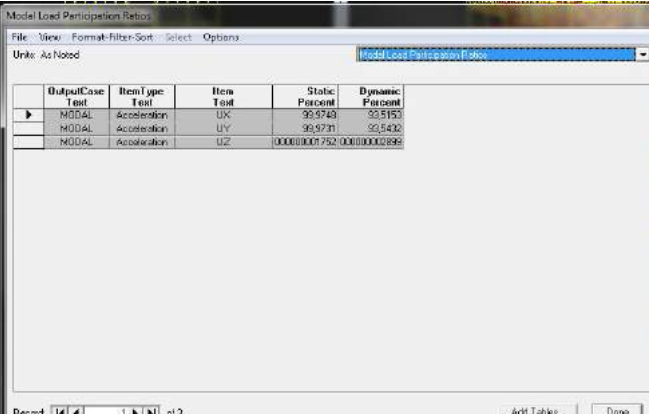
a.J20 Lantai



Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	88.9425	92.8917
MODAL	Acceleration	UY	89.9363	92.8948
MODAL	Acceleration	UZ	0.00005595	0.00001842

Gambar 5.39 Rasio Partisipasi Massa
SRBKK+Outrigger 20 Lantai

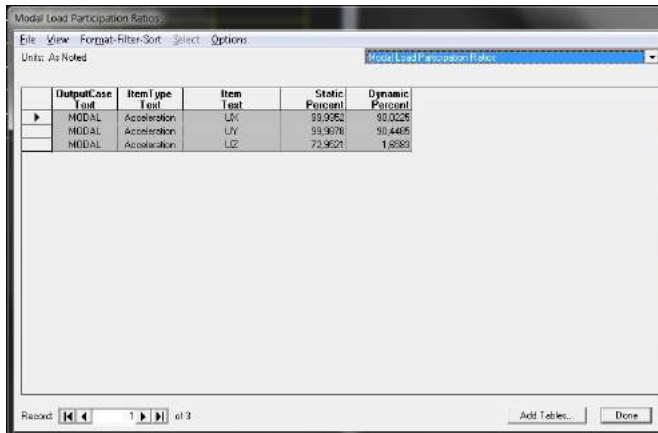
b.J30 Lantai



Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9748	99.9193
MODAL	Acceleration	UY	99.9731	99.9422
MODAL	Acceleration	UZ	0.000000752	0.000000289

Gambar 5.40 Rasio Partisipasi Massa
SRBKK+Outrigger 30 Lantai

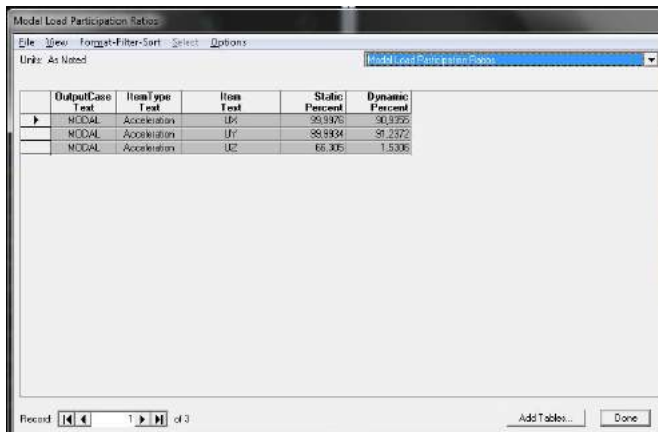
c.J40 Lantai



Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	U1	89.9562	90.0226
MODAL	Acceleration	UY	93.9676	90.4485
MODAL	Acceleration	UZ	79.9621	1.6389

Gambar 5.41 Rasio Partisipasi Massa
SRBKK+Outrigger 40 Lantai

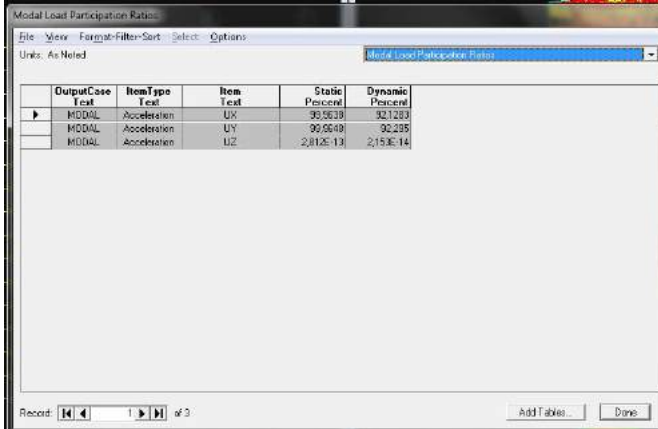
d.J50 Lantai



Output Case	Item Type	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	U1	95.1375	94.3365
MODAL	Acceleration	UY	96.9394	97.2572
MODAL	Acceleration	UZ	66.306	1.5306

Gambar 5.42 Rasio Partisipasi Massa
SRBKK+Outrigger 50 Lantai

e.J60 Lantai



Output Case Text	Item Type Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	95.5638	92.1283
MODAL	Acceleration	UY	96.6649	96.285
MODAL	Acceleration	UZ	2.812E-13	2.153E-14

Gambar 5.43 Rasio Partisipasi Massa
SRBKK+Outrigger 60 Lantai

Analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

5.8.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar tingkat perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis, δ_{xe} , dari analisis struktur. Setelah itu nilai δ_{xe} dikalikan dengan faktor pembesar C_d/I_e seperti pada persamaan 7.8-14 SNI 1726-2012. Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat di bawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan sebesar $0,02 h_{sx}$. Defleksi pusat massa di Tingkat x (δx) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

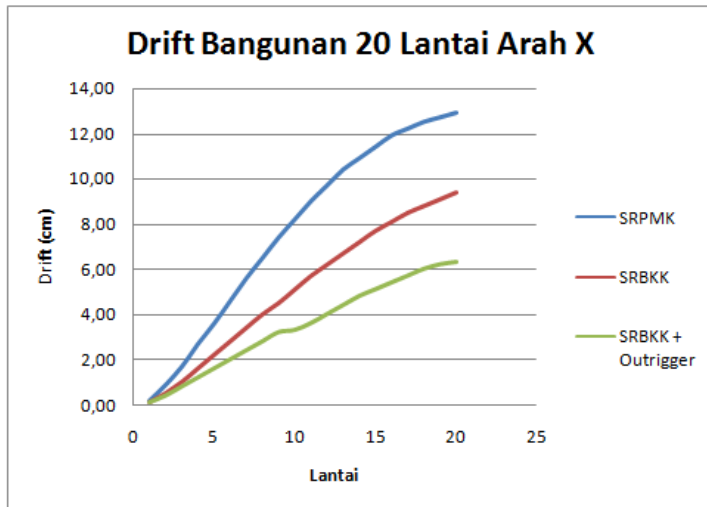
$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \text{ (SNI 1726-2012 Persamaan 7.8-14)}$$

Dimana :

C_d	=	Faktor pembesaran defleksi.
δ_{xe}	=	Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis.
I_e	=	Faktor keutamaan (1,0).
Δ_a	=	$0,020h_{sx}$
ρ	=	Faktor redundansi (1,0).

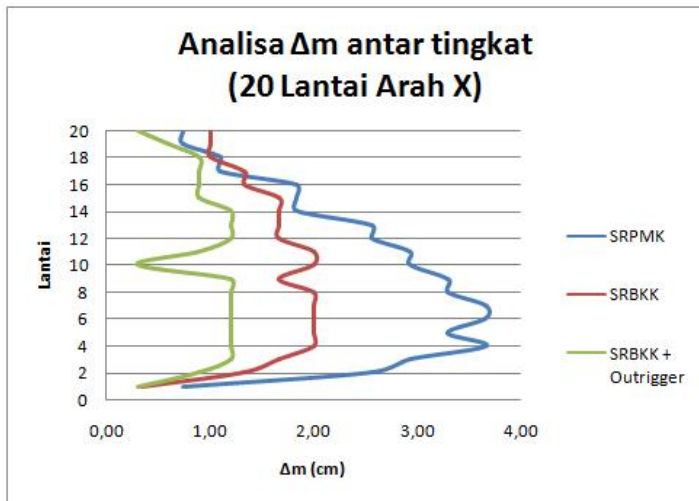
Berikut ini grafik perbandingan simpangan antar lantai ketiga sistem :

1. 20 Lantai



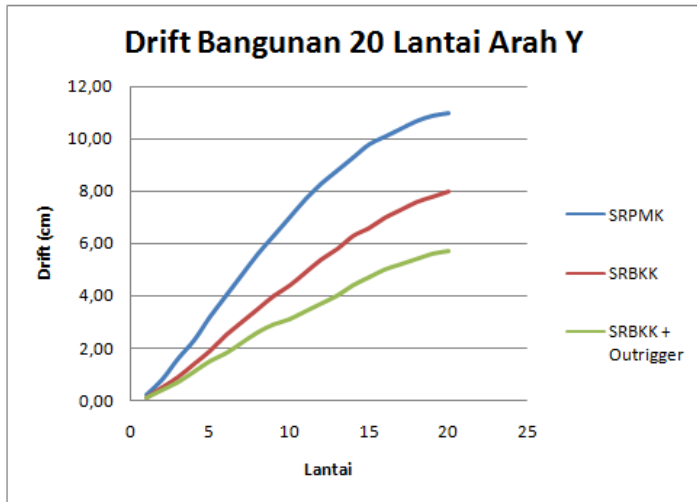
Gambar 5.44 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 20 lantai (arah X) lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 12,9 cm (129 mm), SRBKK = 9,4 cm (94mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 6,3 cm (63 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



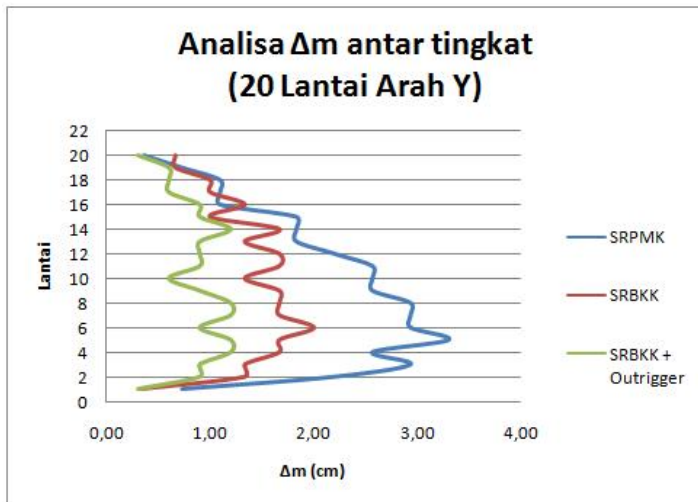
Gambar 5.45 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 20 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)



Gambar 5.46 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah Y

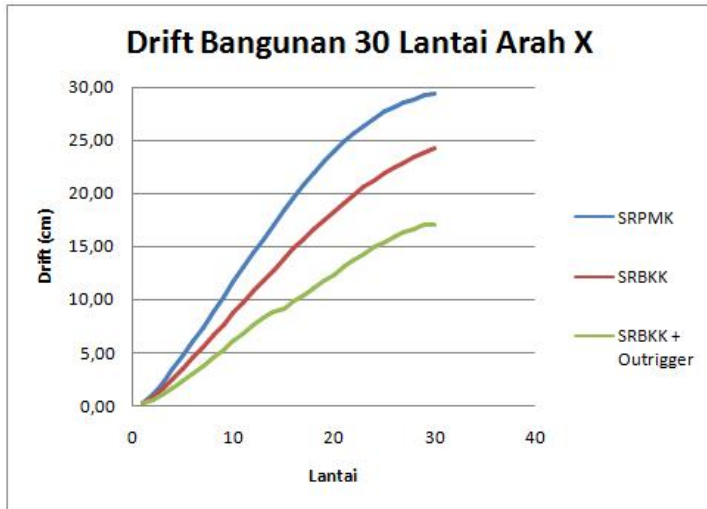
Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 20 (arah Y) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 11 cm (110 mm), SRBKK = 8 cm (80 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 5,7 cm (57 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



Gambar 5.47 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 20 Lantai Arah Y

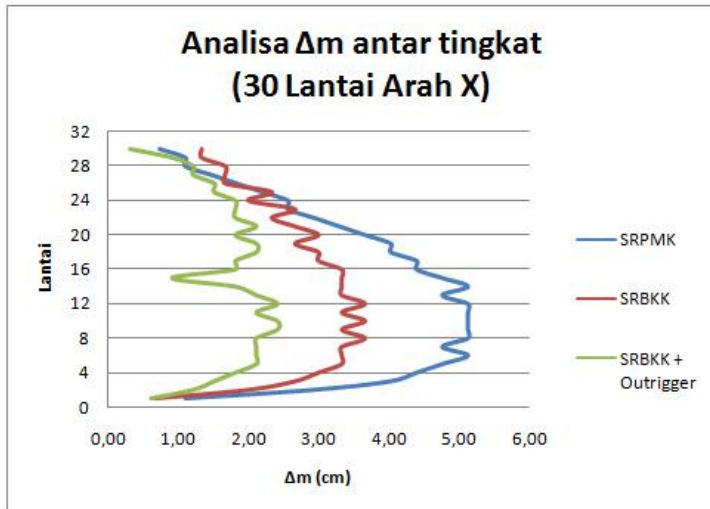
Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 20 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)

2. 30 Lantai



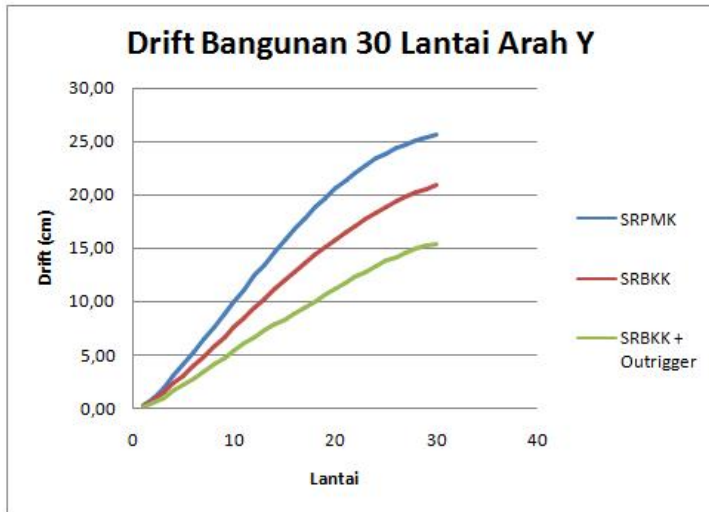
Gambar 5.48 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 30 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 30 (arah X) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 29,4 cm (294 mm), SRBKK = 24,2 cm (242 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 17,1 cm (171 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



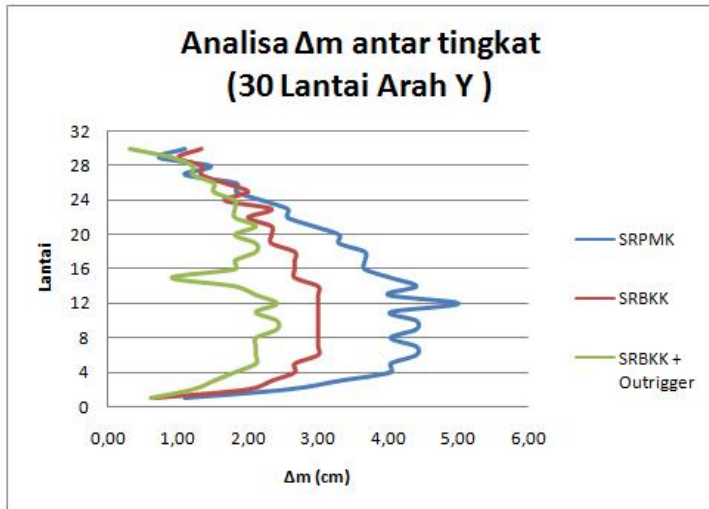
Gambar 5.49 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 30 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 30 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)



Gambar 5.50 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 30 Lantai Arah Y

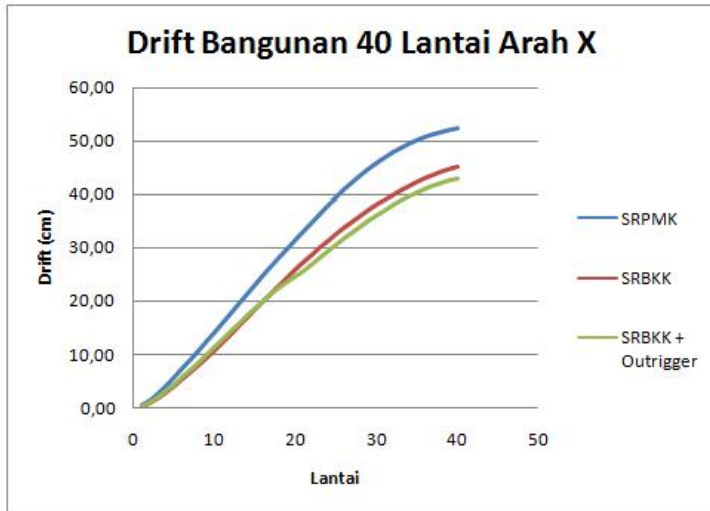
Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 30 (arah Y) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 25,6 cm (256 mm), SRBKK = 20,9 cm (209 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 15,4 cm (154 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



Gambar 5.51 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada
Bangunan 30 Lantai Arah Y

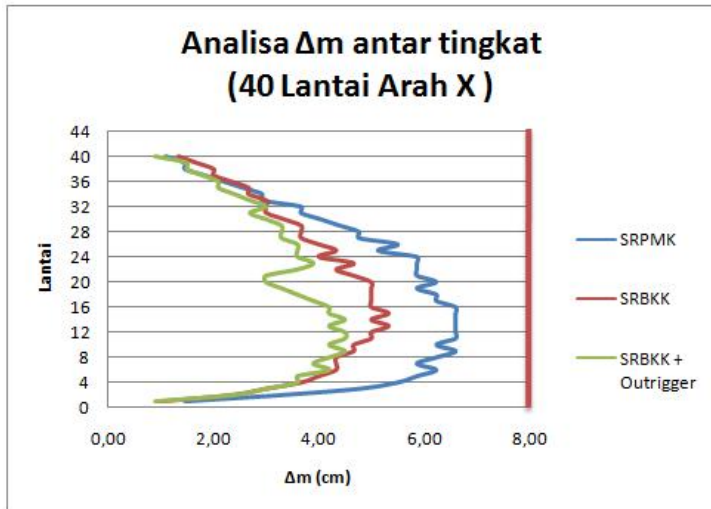
Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 30 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)

3. 40 Lantai



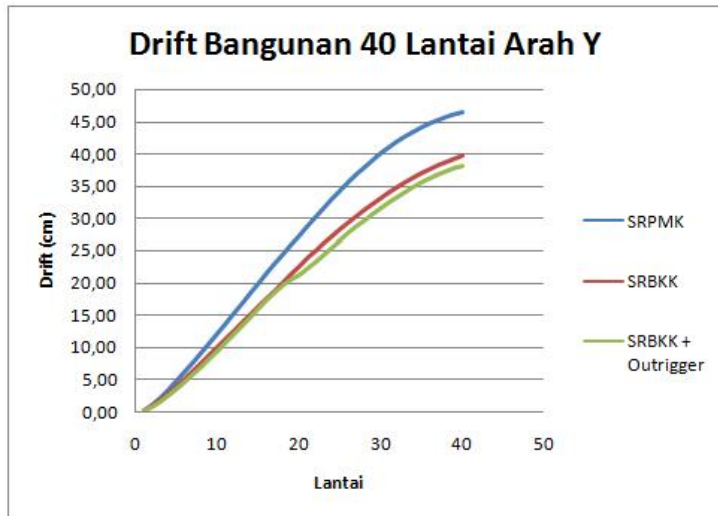
Gambar 5.52 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 40 (arah X) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 52,4 cm (524 mm), SRBKK = 45,3 cm (453 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 43,1 cm (431 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



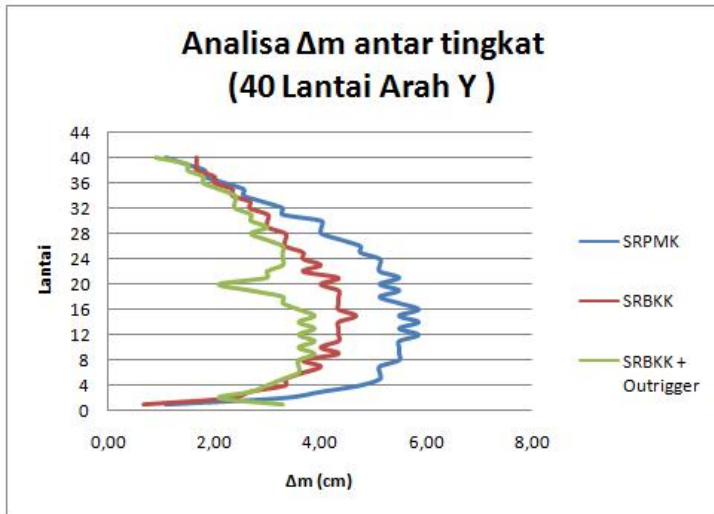
Gambar 5.53 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 40 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)



Gambar 5.54 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah Y

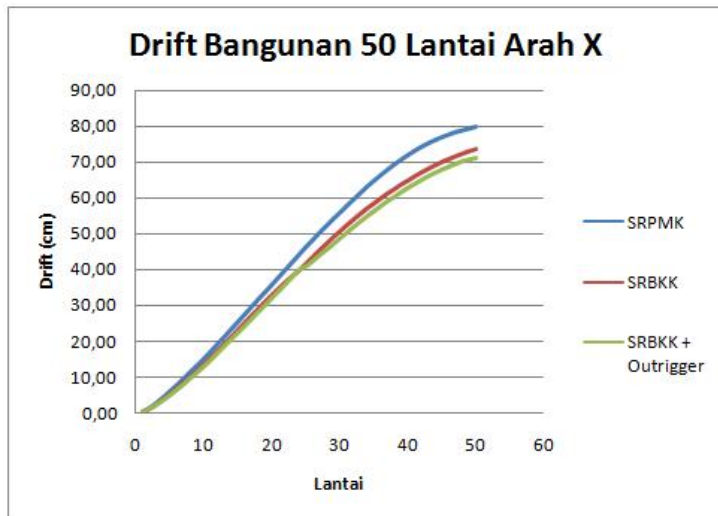
Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 40 (arah Y) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 46,5 cm (465 mm), SRBKK = 39,8 cm (398 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 38,1 cm (381 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



Gambar 5.55 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 40 Lantai Arah Y

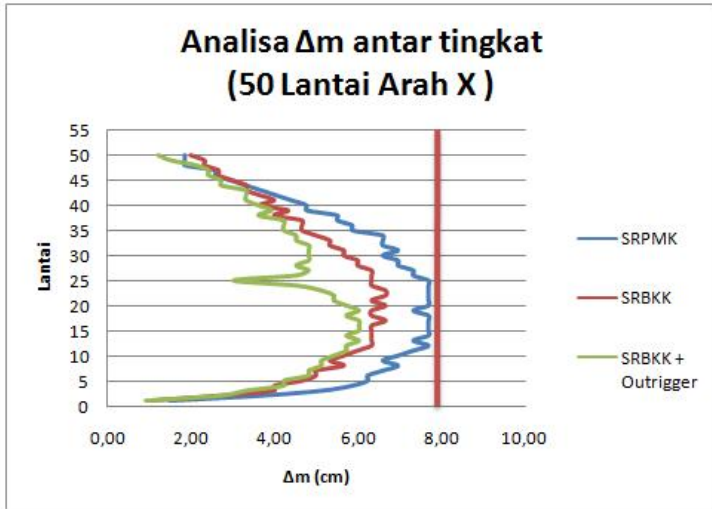
Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 40 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)

4. 50 Lantai



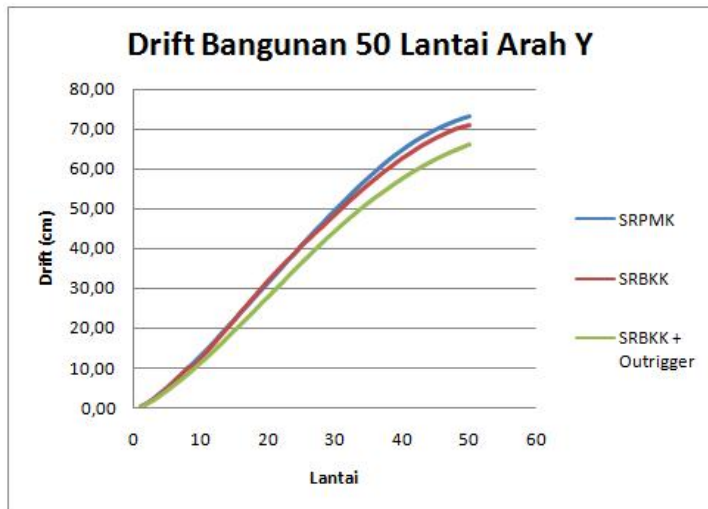
Gambar 5.56 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 50 (arah X) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 80 cm (800 mm), SRBKK = 73,8 cm (738 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 71 cm (710 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



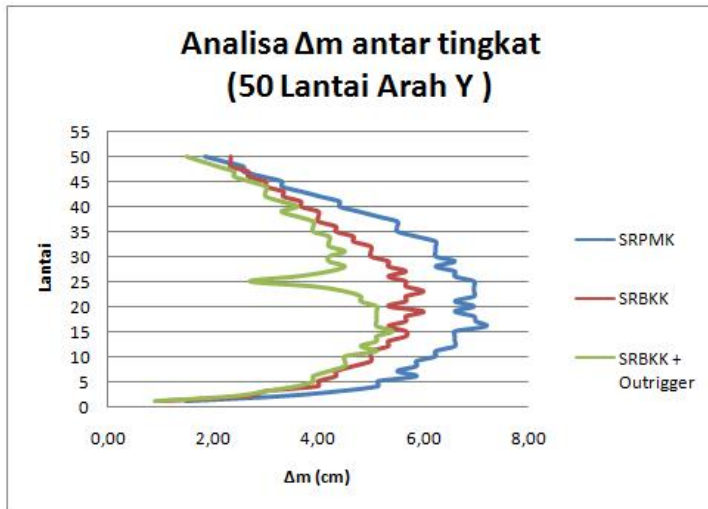
Gambar 5.57 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 50 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)



Gambar 5.58 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah Y

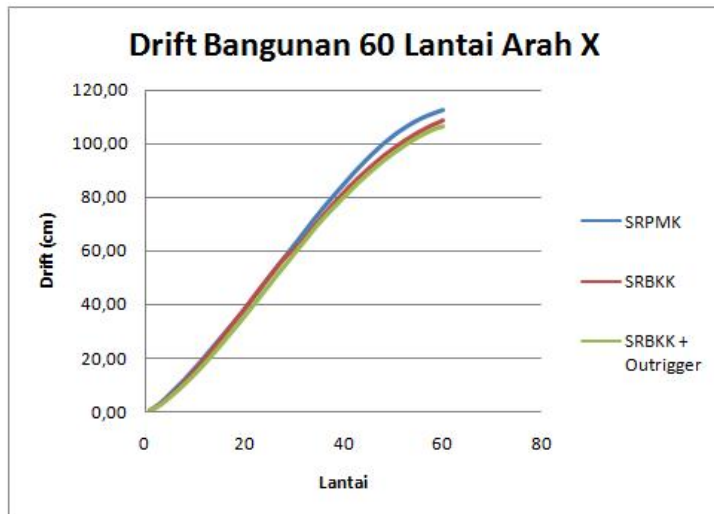
Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 50 (arah Y) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 73,3 cm (733 mm), SRBKK = 71 cm (662 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



Gambar 5.59 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 50 Lantai Arah Y

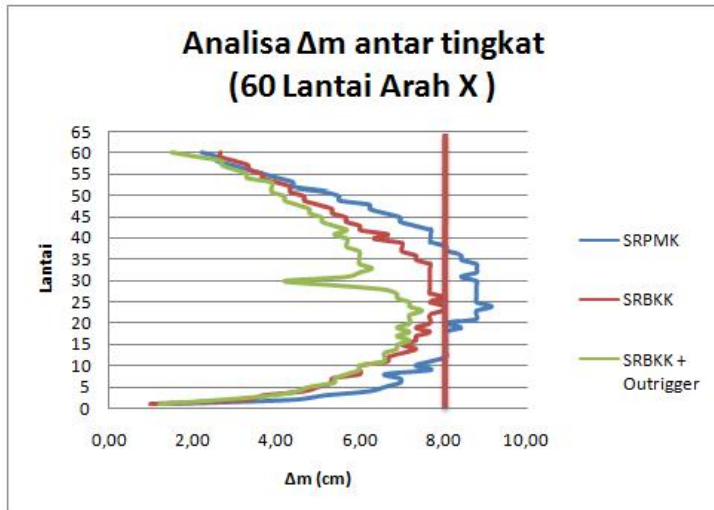
Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 50 lantai memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)

5. 60 Lantai



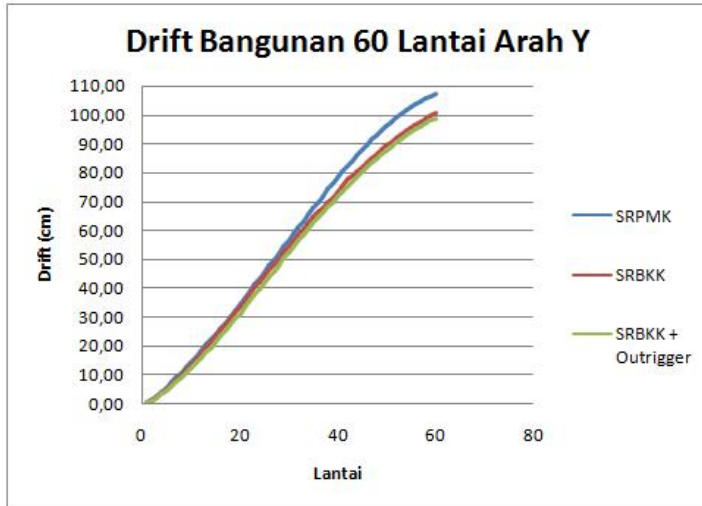
Gambar 5.60 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 60 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 60 (arah X) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 112,8 cm (1128 mm), SRBKK = 108,6 cm (1086 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 106,5 cm (1065 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



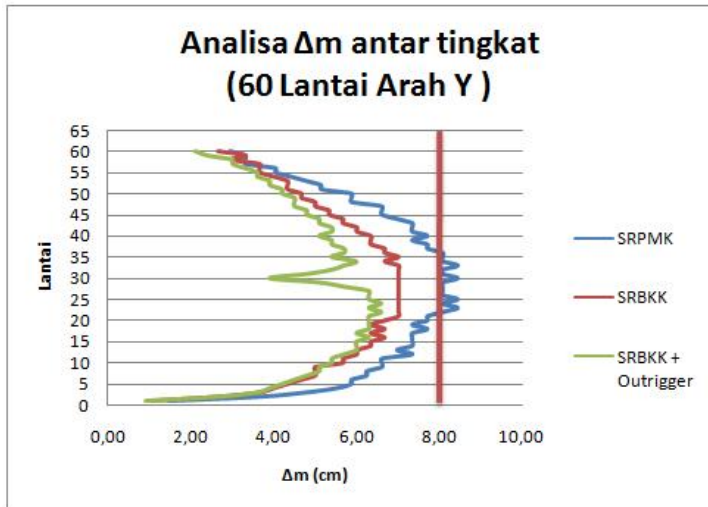
Gambar 5.61 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada
Bangunan 60 Lantai Arah X

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 60 lantai untuk sistem rangka pemikul momen khusus melebihi batas maksimum dengan nilai 9,17 cm (91,7 mm), sedangkan untuk sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger* memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)



Gambar 5.62 Grafik Hasil *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 60 Lantai Arah Y

Dari grafik tersebut terlihat kinerja batas layan pada sistem rangka pemikul momen khusus tiap tingkat pada bangunan 60 (arah Y) lantai lebih besar daripada sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger*, yakni SRPMK = 107,2 cm (1072 mm), SRBKK = 100,4 cm (1004 mm), SRBKK menggunakan *outrigger* = 98,6 cm (986 mm). Untuk tiap lantainya terdapat pada lampiran.



Gambar 5.63 Grafik Analisa *Drift* Tiap Tingkat Pada Bangunan 60 Lantai Arah Y

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *drift* antar tingkat pada bangunan 60 lantai untuk sistem rangka pemikul momen khusus melebihi batas maksimum dengan nilai 8,43 cm (84,3 mm), sedangkan untuk sistem rangka bresing konsentrik khusus dan sistem rangka bresing konsentrik khusus menggunakan *outrigger* memenuhi syarat maksimum, yaitu dengan nilai di bawah 8 cm (80 mm)

Dari hasil analisa tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

“Halaman Ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer

6.1.1. Balok Induk

6.1.1.1. Balok Induk Memanjang

Balok induk memanjang SRPMK 20 Lantai pada lantai 1-10 direncanakan menggunakan profil WF 600 × 300 × 12 × 17

$$\begin{array}{lll}
 W & = 137 \text{ kg/m} & r = 28 \text{ mm} & h_w = 582 - 2(17 + 28) \\
 A & = 174,5 \text{ cm}^2 & Z_x = 3782 \text{ cm}^3 & = 492 \text{ mm} \\
 t_w & = 12 \text{ mm} & i_y = 6,63 \text{ cm} & b_f = 300 \text{ mm} \\
 t_f & = 17 \text{ mm} & I_x = 103000 \text{ cm}^4 & BJ = 41 \\
 d & = 582 \text{ mm} & I_y = 7670 \text{ cm}^4 & f_y = 250 \text{ Mpa}
 \end{array}$$

- a. J Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 18469,97 \text{ kgm}$$

$$V_u = 8603,88 \text{ kg}$$

$$f = 0,11 \text{ cm}$$

- b. J Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- J Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 17} = 8,82$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,82 \leq 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{492}{11} = 41$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 41 \leq 106,35 \rightarrow$ penampang badan kompak

-JKarena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 3782 = 9455000 \text{ kgcm} \\ &= 94550 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-JCek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 94550$$

$$= 85095 \text{ kgm} > 18469,97 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

•J Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga

$$L_b = 0 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 6,63 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 330,044 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow 0 \text{ cm} \leq 330,044 \text{ cm} \rightarrow$ bentang pendek

-JKarena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 3782 = 9455000 \text{ kgcm} \\ &= 94550 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-JCek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 94550$$

$$= 85095 \text{ kgm} > 18469,97 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

c.JKontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{492}{12} = 41 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 41 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (49,2 \times 1.10) \times 1.00 = 81180 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 81180$$

$$= 73062 \text{ kg} > 8603,88 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

d. JKontrol lendutan

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,11 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,11 \text{ cm} \leq 2.22 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

Balok induk profil WF 600 × 300 × 12 × 17 dapat digunakan.

6.1.1.2 Balok Induk Melintang

Balok induk melintang SRPMK 20 Lantai pada lantai 1-10 direncanakan menggunakan profil WF 600 × 300 × 12 × 17

$$W = 137 \text{ kg/m} \quad r = 28 \text{ mm} \quad h_w = 582 - 2(17 + 28)$$

$$A = 174,5 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 3782 \text{ cm}^3 \quad = 492 \text{ mm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad i_y = 6,63 \text{ cm} \quad b_f = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 17 \text{ mm} \quad I_x = 103000 \text{ cm}^4 \quad BJ = 41$$

$$d = 582 \text{ mm} \quad I_y = 7670 \text{ cm}^4 \quad f_y = 250 \text{ Mpa}$$

e. JDari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 48034,49 \text{ kgm}$$

$$V_u = 20551,67 \text{ kg}$$

$$f = 0,03 \text{ cm}$$

f. J Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

• J Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 17} = 8,82$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,82 \leq 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{492}{11} = 41$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 41 \leq 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 3782 = 9455000 \text{ kgcm} \\ &= 94550 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 94550$$

$$= 85095 \text{ kgm} > 48034,49 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

• J Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga

$$L_b = 200 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 6,63 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 330,044 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 0 \text{ cm} \leq 330,044 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 3782 = 9455000 \text{ kgcm} \\ &= 94550 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-Jcek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 94550 \\ &= 85095 \text{ kgm} > 48034,49 \text{ kgm} \dots \text{OK} !\end{aligned}$$

g.JKontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{492}{12} = 41 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 41 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (49,2 \times 1.10) \times 1.00 = 81180 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0.9 \times 81180 \\ &= 73062 \text{ kg} > 20552,67 \text{ kg} \dots \text{OK} !\end{aligned}$$

h.JKontrol lendutan

$$L = 600 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,67 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,03 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,03 \text{ cm} \leq 1,67 \text{ cm} \dots \text{OK} !$$

Balok induk profil WF 600 × 300 × 12 × 17 dapat digunakan.

Untuk perhitungan profil pada bangunan secara keseluruhan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 6.1 Hasil Kontrol Kuat Geser

Sistem	Bangunan	Letak Profil	Profil WF	Kontrol Kuat Geser						
				h/tw (cm)	$1.10 \sqrt{k_s \frac{E}{f_y}}$	Hasil SAP		Vn (kg)	ØVn (kg)	ØVn > Vu
						Mmax	Vmax			
SRPMK	20	1-10	600.300.12.17	41,00	69,57	18470,0	8603,9	81180	73062	OKE
		11-20	600.200.13.23	40,15		9773,8	4426,0	86130	77517	OKE
	30	1-10	600.300.12.20	41,00		46325,9	13584,2	81180	73062	OKE
		11-20	600.300.12.17	41,00		30192,9	9514,0	81180	73062	OKE
		21-30	600.200.13.23	40,15		10632,9	4639,8	86130	77517	OKE
	40	1-10	600.300.14.23	35,14		65115,7	16663,4	81180	73062	OKE
		11-20	600.300.14.23	41,00		52584,7	15143,6	81180	73062	OKE
		21-30	600.300.14.23	41,00		32149,0	10000,4	81180	73062	OKE
		31-40	600.300.14.23	40,15		11166,1	4773,8	86130	77517	OKE
	50	1-10	700.300.13.20	45,85		84241,4	23069,0	98340	88506	OKE
		11-20	700.300.13.20	35,14		72735,8	20250,7	81180	73062	OKE
		21-30	700.300.13.20	41,00		56105,7	16019,0	81180	73062	OKE

SRBKK	60	31-40	700.300.13.20	41,00		33515,3	10339,5	81180	73062	OKE
		41-50	700.300.13.20	40,15		11737,9	4926,3	86130	77517	OKE
		1-10	700.300.13.24	45,85		93410,1	23233,9	98340	88506	OKE
		11-20	700.300.13.24	45,85		86962,5	21638,5	98340	88506	OKE
		21-30	700.300.13.24	35,14		70688,4	17601,5	81180	73062	OKE
		31-40	700.300.13.24	41,00		52372,5	13038,4	81180	73062	OKE
		41-50	700.300.13.24	41,00		28373,2	7061,5	81180	73062	OKE
		51-60	700.300.13.24	40,15		6232,7	1540,6	86130	77517	OKE
	20	1-10	600.300.12.17	40,15	69,57	21149,2	7248,7	86130	77517	OKE
		11-20	600.200.13.23	43,50		10760,4	4611,7	86130	77517	OKE
	30	1-10	600.300.12.20	41,00		33725,2	8901,7	81180	73062	OKE
		11-20	600.300.12.17	40,15		28584,0	7614,3	86130	77517	OKE
		21-30	600.200.13.23	43,50		12967,1	3673,2	86130	77517	OKE
	40	1-10	600.300.14.23	41,00		50778,2	13205,6	81180	73062	OKE
		11-20	600.300.14.23	41,00		44727,0	11646,7	81180	73062	OKE
		21-30	600.300.14.23	40,15		32892,4	8710,5	86130	77517	OKE
		31-40	600.300.14.23	43,50		14883,9	4150,7	86130	77517	OKE

SRBKK + Outtrigger	50	1-10	700.300.13.20	35,14		65212,4	18364,3	81180	73062	OKE
		11-20	700.300.13.20	41,00		61711,1	17406,6	81180	73062	OKE
		21-30	700.300.13.20	41,00		56105,7	16019,0	81180	73062	OKE
		31-40	700.300.13.20	40,15		21670,2	12483,9	86130	77517	OKE
		41-50	700.300.13.20	43,50		16437,4	6018,1	86130	77517	OKE
	60	1-10	700.300.13.24	45,85		83475,6	20536,7	98340	88506	OKE
		11-20	700.300.13.24	35,14		80237,9	22106,6	81180	73062	OKE
		21-30	700.300.13.24	41,00		68695,9	15567,6	81180	73062	OKE
		31-40	700.300.13.24	41,00		51442,0	14797,3	81180	73062	OKE
		41-50	700.300.13.24	40,15		36787,0	11137,3	86130	77517	OKE
		51-60	700.300.13.24	43,50		14734,5	4082,8	86130	77517	OKE
	20	1-10	600.300.12.17	43,50	69,57	18470,0	8603,9	86130	77517	OKE
		11-20	600.200.13.23	47,45		9773,8	4426,0	86130	77517	OKE
	30	1-10	600.300.12.20	41,00		33725,2	8901,7	81180	73062	OKE
		11-20	600.300.12.17	40,15		28584,0	7614,3	86130	77517	OKE
		21-30	600.200.13.23	43,50		12967,1	3673,2	86130	77517	OKE
	40	1-10	600.300.14.23	41,00		65115,7	16663,4	81180	73062	OKE

		11-20	600.300.14.23	40,15		52584,7	15143,6	86130	77517	OKE
		21-30	600.300.14.23	43,50		32149,0	10000,4	86130	77517	OKE
		31-40	600.300.14.23	47,45		11166,1	4773,8	86130	77517	OKE
	50	1-10	700.300.13.20	41,00		84241,4	23069,0	81180	73062	OKE
		11-20	700.300.13.20	41,00		72735,8	20250,7	81180	73062	OKE
		21-30	700.300.13.20	40,15		56105,7	16019,0	86130	77517	OKE
		31-40	700.300.13.20	43,50		33515,3	10339,5	86130	77517	OKE
		41-50	700.300.13.20	47,45		11737,9	4926,3	86130	77517	OKE
	60	1-10	700.300.13.24	35,14		93410,1	23233,9	81180	73062	OKE
		11-20	700.300.13.24	41,00		86962,5	21638,5	81180	73062	OKE
		21-30	700.300.13.24	41,00		70688,4	17601,5	81180	73062	OKE
		31-40	700.300.13.24	40,15		52372,5	13038,4	86130	77517	OKE
		41-50	700.300.13.24	43,50		28373,2	7061,5	86130	77517	OKE
		51-60	700.300.13.24	47,45		6232,7	1540,6	86130	77517	OKE

Tabel 6.2 Hasil Kontrol Kuat Momen Lentur

Sistem	Bangunan	Letak Profil	Profil WF	Kontrol Kuat Momen Lentur						
				Sayap		Badan		Mp (kgm)	Øb . Mn (kgm)	ØMn > Mu
				λ	λp	λ	λp			
SRPMK	20	1-10	600.300.12.17	8,82	10,75	41,00	106,35	94550	85095	OKE
		11-20	600.200.13.23	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
	30	1-10	600.300.12.20	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		11-20	600.300.12.17	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		21-30	600.200.13.23	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
	40	1-10	600.300.14.23	6,57		35,14	106,35	125425	112883	OKE
		11-20	600.300.14.23	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		21-30	600.300.14.23	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		31-40	600.300.14.23	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
	50	1-10	700.300.13.20	7,50		45,85	106,35	135350	121815	OKE
		11-20	700.300.13.20	6,57		35,14	106,35	125425	112883	OKE

		21-30	700.300.13.20	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		31-40	700.300.13.20	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		41-50	700.300.13.20	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
	60	1-10	700.300.13.24	6,25		45,85	106,35	156225	140603	OKE
		11-20	700.300.13.24	7,50		45,85	106,35	135350	121815	OKE
		21-30	700.300.13.24	6,57		35,14	106,35	125425	112883	OKE
		31-40	700.300.13.24	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		41-50	700.300.13.24	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		51-60	700.300.13.24	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
SRBKK	20	1-10	600.300.12.17	4,39	10,75	40,15	106,35	94450	85005	OKE
		11-20	600.200.13.23	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
	30	1-10	600.300.12.20	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		11-20	600.300.12.17	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
		21-30	600.200.13.23	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
	40	1-10	600.300.14.23	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		11-20	600.300.14.23	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		21-30	600.300.14.23	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE

SRBKK + Outtrigger	50	31-40	600.300.14.23	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
		1-10	700.300.13.20	6,57		35,14	106,35	125425	112883	OKE
		11-20	700.300.13.20	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		21-30	700.300.13.20	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		31-40	700.300.13.20	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
		41-50	700.300.13.20	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
	60	1-10	700.300.13.24	7,50		45,85	106,35	135350	121815	OKE
		11-20	700.300.13.24	6,57		35,14	106,35	125425	112883	OKE
		21-30	700.300.13.24	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		31-40	700.300.13.24	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		41-50	700.300.13.24	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
		51-60	700.300.13.24	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
	20	1-10	600.300.12.17	5,03	10,75	43,50	106,35	82925	74633	OKE
		11-20	600.200.13.23	5,88		47,45	106,35	71575	64418	OKE
	30	1-10	600.300.12.20	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
		11-20	600.300.12.17	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
		21-30	600.200.13.23	5,88		47,45	106,35	71575	64418	OKE

	40	1-10	600.300.14.23	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		11-20	600.300.14.23	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
		21-30	600.300.14.23	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
		31-40	600.300.14.23	5,88		47,45	106,35	71575	64418	OKE
	50	1-10	700.300.13.20	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		11-20	700.300.13.20	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		21-30	700.300.13.20	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
		31-40	700.300.13.20	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
		41-50	700.300.13.20	5,88		47,45	106,35	71575	64418	OKE
	60	1-10	700.300.13.24	6,57		35,14	106,35	125425	112883	OKE
		11-20	700.300.13.24	7,50		41,00	106,35	107725	96953	OKE
		21-30	700.300.13.24	8,82		41,00	106,35	94550	85095	OKE
		31-40	700.300.13.24	4,39		40,15	106,35	94450	85005	OKE
		41-50	700.300.13.24	5,03		43,50	106,35	82925	74633	OKE
		51-60	700.300.13.24	5,88		47,45	106,35	71575	64418	OKE

Tabel 6.3 Hasil Kontrol Lendutan

Sistem	Bangunan	Letak Profil	Profil WF	Kontrol Lendutan		
				f'	Y_{max}	$Y_{max} < f'$
SRPMK	20	1-10	600.300.12.17	2,222	0,11	OKE
		11-20	600.200.13.23		0,12	OKE
	30	1-10	600.300.12.20		0,23	OKE
		11-20	600.300.12.17		0,33	OKE
		21-30	600.200.13.23		0,35	OKE
	40	1-10	600.300.14.23		0,42	OKE
		11-20	600.300.14.23		0,64	OKE
		21-30	600.300.14.23		0,74	OKE
		31-40	600.300.14.23		0,75	OKE
	50	1-10	700.300.13.20		0,64	OKE
		11-20	700.300.13.20		1,04	OKE
		21-30	700.300.13.20		1,26	OKE
		31-40	700.300.13.20		1,35	OKE
		41-50	700.300.13.20		1,37	OKE
	60	1-10	700.300.13.24		0,90	OKE
		11-20	700.300.13.24		1,50	OKE
		21-30	700.300.13.24		1,90	OKE
		31-40	700.300.13.24		2,12	OKE
		41-50	700.300.13.24		2,21	OKE
		51-60	700.300.13.24		2,22	OKE
SRBKK	20	1-10	600.300.12.17	2,222	0,09	OKE
		11-20	600.200.13.23		0,11	OKE
	30	1-10	600.300.12.20		0,25	OKE

SRBKK + Outtrigger		11-20	600.300.12.17	2,222	0,32	OKE
		21-30	600.200.13.23		0,33	OKE
	40	1-10	600.300.14.23		0,39	OKE
		11-20	600.300.14.23		0,59	OKE
		21-30	600.300.14.23		0,66	OKE
		31-40	600.300.14.23		0,68	OKE
	50	1-10	700.300.13.20		0,57	OKE
		11-20	700.300.13.20		0,94	OKE
		21-30	700.300.13.20		1,19	OKE
		31-40	700.300.13.20		1,30	OKE
		41-50	700.300.13.20		1,33	OKE
	60	1-10	700.300.13.24		0,82	OKE
		11-20	700.300.13.24		1,39	OKE
		21-30	700.300.13.24		1,78	OKE
		31-40	700.300.13.24		2,03	OKE
		41-50	700.300.13.24		2,14	OKE
		51-60	700.300.13.24		2,17	OKE
	20	1-10	600.300.12.17	2,222	0,11	OKE
		11-20	600.200.13.23		0,12	OKE
	30	1-10	600.300.12.20		0,23	OKE
		11-20	600.300.12.17		0,33	OKE
		21-30	600.200.13.23		0,35	OKE
	40	1-10	600.300.14.23		0,42	OKE
		11-20	600.300.14.23		0,64	OKE
		21-30	600.300.14.23		0,74	OKE
		31-40	600.300.14.23		0,75	OKE
	50	1-10	700.300.13.20		0,64	OKE
		11-20	700.300.13.20		1,04	OKE

		21-30	700.300.13.20		1,26	OKE
		31-40	700.300.13.20		1,35	OKE
		41-50	700.300.13.20		1,37	OKE
	60	1-10	700.300.13.24		0,90	OKE
		11-20	700.300.13.24		1,50	OKE
		21-30	700.300.13.24		1,90	OKE
		31-40	700.300.13.24		2,12	OKE
		41-50	700.300.13.24		2,21	OKE
		51-60	700.300.13.24		2,22	OKE

6.1.2. Kolom

6.1.2.1 Kolom Lantai 1-10 SRPMK 20 Lantai

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 900 x 900 x 12 x 12 dan panjang kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d &= 900 \text{ mm} & I_x &= 552850,15 \text{ cm}^4 \\
 b_f &= 900 \text{ mm} & I_y &= 552850,15 \text{ cm}^4 \\
 t_w &= 12 \text{ mm} & i_x &= 36,17 \text{ cm} \\
 t_f &= 12 \text{ mm} & i_y &= 36,17 \text{ cm} \\
 A &= 422,53 \text{ cm}^2 & S_x &= 14028,62 \text{ cm}^3 \\
 Z_x &= 12285,56 \text{ cm}^3 \\
 f_y &= 250 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_u &= 779793,32 \text{ kg} \\
 M_{ux} &= 90131,05 \text{ kgm} \\
 M_{uy} &= 149093,98 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

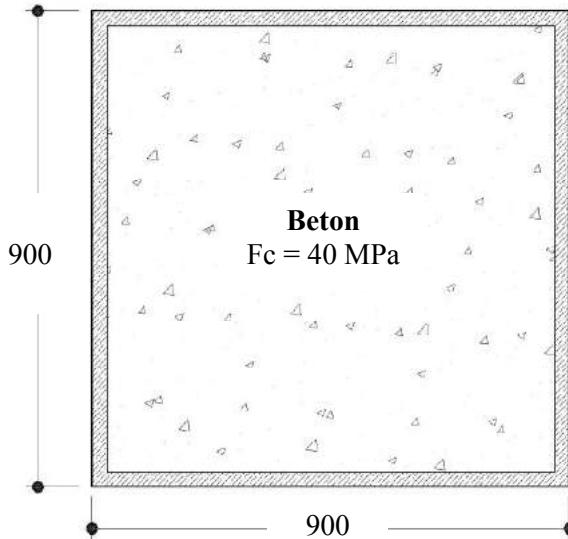
Bahan :

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

Casing HSS 900 x 900 x 12 x 12



Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 900 × 900 × 12 × 12

a. J Kuat nominal tekan kolom komposit

- J Kontrolluas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{900}{(90 - 1,2)^2 + 900} \times 100 = 10,24\% \geq 4\% \dots \text{OK!}$$

- J Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 900 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 18,4 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \dots \text{OK!}$$

- J Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{900}{2 \times 12} = 37,5$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 18,4 \leq 63,92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 900 + 0.85 \times 400 (7885,44 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 4931049,6 \text{ kg}$$

b.J Momen nominal kolom

- J Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{900}{2 \times 12} = 37,5$$

$$\lambda_p = 1,4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 39,6$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 37,5 \leq 39,6 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

-JKarena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 12285,56 = 30713897,2 \text{ kgcm} \\ &= 307138,97 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-Jek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 307138,97 \\ &= 276425 \text{ kgm} > 149094 \text{ kgm} \dots \text{OKE!}\end{aligned}$$

•J Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom-d_{balok}

$$L_b = 400 - 61,2 = 338,8 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 36,17 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1800,66 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 338,8 \text{ cm} \leq 1800,66 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

-J Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 12285,56 = 30713897,2 \text{ kgcm} \\ &= 307138,97 \text{ kgm}\end{aligned}$$

-Jek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 307138,97 \\ &= 276425 \text{ kgm} > 149094 \text{ kgm} \dots \text{OKE!}\end{aligned}$$

c.J Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1 / P_{e1}} \geq 1.00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}}$$

•J Arah sumbu X :

-Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 90131,05 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 35894,77 \text{ kgm}$$

$$C_m = -0,4$$

$$P_{e1} = 68205153 \text{ kg}$$

$$B_1 = -0,4 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0$$

$$\begin{aligned} Mnt &= \text{Momen } 1,2D+1,6L \text{ atau Momen } 1,2D+1L \\ &= 2565 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mlt &= \text{Momen RSX terbesar} \\ &= 115704 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{story} = 3763510 \text{ kg}$$

$$R_m = 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story}) = 1$$

$$\Delta H = 0,0281 \text{ m}$$

$$H = 4463 \text{ kg}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$P_{e_story} = 635302,49 \text{ kg}$$

$$B_2 = -0,2 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0$$

-Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned}
 M_{rx} &= (1,0 \times 2565) + (1,0 \times 115704) \\
 &= 118269 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

• **J** Arah sumbu Y :

- **K**ontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 149094 \text{ kgm} \\
 M_2 &= 67439,09 \text{ kgm} \\
 C_m &= -0,28 \\
 P_{e1} &= 68205153 \text{ kg} \\
 B_1 &= -0,28 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0 \\
 M_{nt} &= \text{Momen } 1,2D+1,6L \text{ atau Momen } 1,2D+1L \\
 &= 2565 \text{ kgm} \\
 M_{lt} &= \text{Momen RSX terbesar} \\
 &= 34712 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- **K**ontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{story}} &= 1872154389.58 \text{ kg} \\
 R_m &= 1 - 0,15(P_{mf}/P_{\text{story}}) = 1 \\
 \Delta H &= 0,0025 \text{ m} \\
 H &= 17480 \text{ kg} \\
 L &= 4 \text{ m} \\
 P_{e \text{ story}} &= 27968000 \text{ kg} \\
 B_2 &= 1,02 > 1,0 \text{ dapat digunakan}
 \end{aligned}$$

- **M**omen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned}
 M_{ry} &= (1,0 \times 2565) + (1,02 \times 34712) \\
 &= 37963,18 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Kuat aksial orde kedua

$$\begin{aligned}
 P_{nt} &= (1,2D+1L) = 779793,32 \text{ kg} \\
 P_{lt} &= \text{RSP Max} = 143791,95 \text{ kg} \\
 P_r &= (779793,32) + (1,02 \times 143791,95) \\
 &= 926427,727 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

d.J Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{926427,727}{0.90 \times 4931049,6} = 0,21 \geq 0.2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{926427,727}{0.90 \times 4931049,6} + \frac{8}{9} \left(\frac{118269}{276425} + \frac{37963,18}{118269} \right) = 0,87$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0,87 \leq 1,00$, maka kolom profil HSS 900 x 900 x 12 x 12 dapat dipakai.

6.1.2.2 Kolom Lantai 1-10 SRBKK + Outrigger 60 Lantai

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 1000 x 1000 19 x 19 dan panjang kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d &= 1000 \text{ mm} & I_x &= 1173370,71 \text{ cm}^4 \\ b_f &= 1000 \text{ mm} & I_y &= 1173370,71 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 19 \text{ mm} & i_x &= 39,92 \text{ cm} \\ t_f &= 19 \text{ mm} & i_y &= 39,92 \text{ cm} \\ A &= 736,26 \text{ cm}^2 & S_x &= 26969,21 \text{ cm}^3 \\ Z_x &= 23467,41 \text{ cm}^3 \\ f_y &= 250 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut:

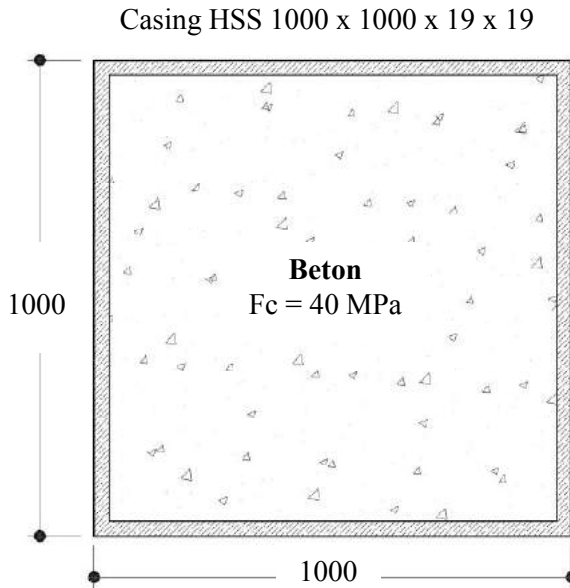
$$\begin{aligned} P_u &= 3339377,10 \text{ kg} \\ M_{ux} &= 120685,74 \text{ kgm} \\ M_{uy} &= 234500,29 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Bahan :

BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Beton : $f_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 6.1 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil
HSS $1000 \times 1000 \times 19 \times 19$

e.J Kuat nominal tekan kolom komposit

- J Kontrolluas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{1000}{(100 - 1,9)^2 + 1000} \times 100 = 9,3\% \geq 4\% \dots \text{OK!}$$

- J Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 1000 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 20,41 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \dots \text{OK!}$$

- J Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{1000}{2 \times 19} = 26,32$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 26,52 \leq 63,92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 1000 + 0.85 \times 400 (9623,61 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 5818889,6 \text{ kg}$$

f.J Momen nominal kolom

- J Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{1000}{2 \times 19} = 26,32$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31,68$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 26,32 \leq 31,68 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

-JKarena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 23467,41 = 58668535,7 \text{ kgcm} \\ = 586685,36 \text{ kgm}$$

-JCek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 586685,36 \\ = 528016,8 \text{ kgm} > 234500,3 \text{ kgm} \dots \text{OKE!}$$

•J Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom- d_{balok}

$$L_b = 400 - 59,4 = 340,6 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 39,92 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1987,28 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 340,6 \text{ cm} \leq 1987,28 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

-JKarena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 23467,41 = 58668535,7 \text{ kgcm} \\ = 586685,36 \text{ kgm}$$

-JCek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 586685,36 \\ = 528016,8 \text{ kgm} > 234500,3 \text{ kgm} \dots \text{OKE!}$$

g.J Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}}$$

•J Arah sumbu X :

-Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 120685,74 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 41137 \text{ kgm}$$

$$C_m = -0,6$$

$$P_{e1} = 46078160 \text{ kg}$$

$$B_1 = -0,6 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0$$

$$\begin{aligned} M_{nt} &= \text{Momen } 1,2D+1,6L \text{ atau Momen } 1,2D+1L \\ &= 6309 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lt} &= \text{Momen RSX terbesar} \\ &= 44619 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{story} = 13436340 \text{ kg}$$

$$R_m = 1-0,15(P_{mf}/P_{story}) = 1$$

$$\Delta H = 0,14 \text{ m}$$

$$H = 188688 \text{ kg}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$P_{e_story} = 5391085,7 \text{ kg}$$

$$B_2 = -0,7 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0$$

-**J**Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned} M_{rx} &= (1,0 \times 6309) + (1,0 \times 44619) \\ &= 50928 \text{ kgm} \end{aligned}$$

• **J** Arah sumbu Y :

-**J**Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_1 &= 234500,29 \text{ kgm} \\ M_2 &= 49075,71 \text{ kgm} \\ C_m &= -0,98 \\ P_{e1} &= 46078160 \text{ kg} \\ B_1 &= -0,98 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0 \\ M_{nt} &= \text{Momen } 1,2D+1,6L \text{ atau Momen } 1,2D+1L \\ &= 9030 \text{ kgm} \\ M_{lt} &= \text{Momen RSX terbesar} \\ &= 47549 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-**J**Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{story}} &= 11054618 \text{ kg} \\ R_m &= 1 - 0,15(P_{mf}/P_{\text{story}}) = 1 \\ \Delta H &= 0,042 \text{ m} \\ H &= 65650 \text{ kg} \\ L &= 4 \text{ m} \\ P_{e \text{ story}} &= 6252381 \text{ kg} \\ B_2 &= -1,3 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0 \end{aligned}$$

-**J**Momen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= (1,0 \times 9030) + (1,0 \times 47549) \\ &= 56579 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kuat aksial orde kedua

$$\begin{aligned} P_{nt} &= (1,2D+1L) = 3339377,1 \text{ kg} \\ P_{lt} &= \text{RSP Max} = 139750,45 \text{ kg} \\ P_r &= (3339377,1) + (1,0 \times 139750,45) \\ &= 3479127,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

h.J Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{926427,727}{0.90 \times 4931049,6} = 0,21 \geq 0.2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{3479127,5}{0.90 \times 4987168,2} + \frac{8}{9} \left(\frac{50928}{528016,82} + \frac{56579}{528016,82} \right) = 0,96$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0,96 \leq 1,00$, maka kolom profil HSS 1000 x 1000 x 19 x 19 dapat dipakai.

Untuk profil lainnya dilakukan perhitungan yang sama dengan profil diatas.

Berikut ini rekapitulasi perhitungan kolom untuk bangunan SRBKK menggunakan outrigger 60 lantai.

Tabel 6.4 Rekapitulasi Perhitungan Kolom SRBKK menggunakan Outrigger 60 Lantai

Lt	Profil HSS	Pu (kg)	Mux (kgm)	Muy (kgm)	Kontrol Interaksi < 1	Ket.
1-10	1000.1000.19	3339377,1	120685,7	234500,3	0,96	OKE
11-20	1000.1000.16	2654278,7	64822,3	97864,6	0,93	OKE
21-30	900.900.16	1825084,7	47823,4	75074,2	0,935	OKE
31-40	900.900.12	1217645,6	110520,0	165230,1	0,95	OKE
41-50	800.800.12	781401,2	30657,0	45602,3	0,89	OKE
51-60	700.700.12	547105,2	17742,1	20837,9	0,85	OKE

6.1.3 Bresing dan Outrigger

a.J Bresing

Pada kontrol profil bresing dipilih berdasarkan gaya terbesar yang terjadi. Bresing direncanakan menggunakan profil WF 300 × 300 × 11 × 17 dengan panjang 500 cm.

$$\begin{array}{lll}
 W & = 106 \text{ kg/m} & r = 18 \text{ mm} & h_w = 304 - 2(17 + 18) \\
 A & = 134,8 \text{ cm}^2 & Z_x = 1669 \text{ cm}^3 & = 234 \text{ mm} \\
 t_w & = 11 \text{ mm} & i_y = 7,57 \text{ cm} & b_f = 301 \text{ mm} \\
 t_f & = 17 \text{ mm} & I_x = 23400 \text{ cm}^4 & BJ = 41 \\
 d & = 304 \text{ mm} & I_y = 7730 \text{ cm}^4 & f_y = 250 \text{ Mpa} \\
 R_y & = 1,5 & &
 \end{array}$$

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam yang terjadi:

$$P_u = 240549,43 \text{ kg}$$

$$\left. \begin{array}{l}
 \lambda_{\max} = \frac{kL}{r_y} = \frac{1 \times 500}{7,57} = 66,05 \\
 \lambda_R = \frac{1900}{\sqrt{f_y}} = \frac{1900}{\sqrt{250}} = 120,2
 \end{array} \right\}$$

$$\lambda_{\max} = 66,05 < \lambda_R = 120,2 \text{ ...OKE}$$

$$\lambda_R = \lambda_y = 120,2$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{120,2}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 1,35 > 1,2$$

$$\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \lambda_c^2 = 1,25 \times 1,35^2 = 2,286$$

Bracing tarik:

$$P_{\max} = R_y F_y A_g = 1,5 \times 2500 \times 134,8 = 505500 \text{ kg}$$

$$\phi P_{\max} = 0,9 \times 505500 = 454950 \text{ kg} > 200549,43 \text{ kg ...OK}$$

Bracing tekan:

$$P_{\max} = 1,1 R_y A_g F_{cr} = 1,1 \times 1,5 \times 134,8 \times 2500 / 2,286 = 244095,698 \text{ kg}$$

$$\phi P_{\max} = 0,85 \times 244095,698 = 207481,34 \text{ kg} > 200549,43 \text{ kg ...OK}$$

Maka bresing dengan profil WF 300 × 300 × 11 × 17 dapat dipakai.

b.J Outrigger

Pada kontrol profil outrigger dipilih berdasarkan gaya terbesar yang terjadi. Outrigger direncanakan menggunakan profil WF 300 × 200 × 9 × 14 dengan panjang 447,2 cm.

$$\begin{array}{lll}
 W & = 65,4 \text{ kg/m} & r = 18 \text{ mm} & h_w = 298 - 2(14 + 18) \\
 A & = 83,36 \text{ cm}^2 & Z_x = 963 \text{ cm}^3 & = 234 \text{ mm} \\
 t_w & = 9 \text{ mm} & i_y = 4,77 \text{ cm} & b_f = 201 \text{ mm} \\
 t_f & = 14 \text{ mm} & I_x = 13300 \text{ cm}^4 & BJ = 41 \\
 d & = 298 \text{ mm} & I_y = 1900 \text{ cm}^4 & f_y = 250 \text{ Mpa} \\
 R_y & = 1,5 & &
 \end{array}$$

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan terjadi :

$$P_u = 113091,3 \text{ kgm}$$

$$\left. \begin{array}{l}
 \lambda_{\max} = \frac{kL}{r_y} = \frac{1 \times 447,2}{4,77} = 93,76 \\
 \lambda_R = \frac{1900}{\sqrt{f_y}} = \frac{1900}{\sqrt{250}} = 120,2
 \end{array} \right\}$$

$$\lambda_{\max} = 93,76 < \lambda_R = 120,2 \text{ ...OKE}$$

$$\lambda_R = \lambda_y = 120,2$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{120,2}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 1,35 > 1,2$$

$$\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \lambda_c^2 = 1,25 \times 1,35^2 = 2,286$$

Bracing tarik:

$$P_{\max} = R_y F_y A_g = 1,5 \times 2500 \times 83,36 = 312600 \text{ kg}$$

$$\phi P_{\max} = 0,9 \times 312600 = 281340 \text{ kg} > 113091,3 \text{ kg} \text{ ...OK}$$

Bracing tekan:

$$P_{\max} = 1,1 R_y A_g F_{cr} = 1,1 \times 1,5 \times 83,36 \times 2500 / 2,286 = 150419,9 \text{ kg}$$

$$\phi P_{\max} = 0,85 \times 150419,9 = 127856,96 \text{ kg} > 113091,3 \text{ kg} \text{ ...OK}$$

Maka outrigger dengan profil WF 300 × 200 × 9 × 14 dapat dipakai.

BAB VII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar $V_u = 3372,02$ kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $60 \times 60 \times 6$

1)J Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm } (A_b = 2,011 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

a)J Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 12440,71 \text{ kg}\end{aligned}$$

b)J Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{3372,02}{7084,8} = 0,48, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n.\varnothing.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 7084,8 \geq 3372,02 \text{ kg}$$

$$14169,6 \text{ kg} \geq 3372,02 \text{ (OK)}$$

c)J Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi}(S1) &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S1 = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}(S2) &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S2 = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut } (S) &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 50 \text{ mm}$$

2)J Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm } (A_b = 2,011 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

a)J Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\varnothing.Vn &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 6220,35 \text{ kg } (\text{menentukan})\end{aligned}$$

b)J Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.Rn &= \varnothing \times 2.4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0.75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{3372,02}{6220.35} = 0,54, \text{ dipasang } 2 \text{ buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n.\varnothing.Rn \geq Vu$$

$$2 \times 6220,35 \geq 3372,02 \text{ kg}$$

$$12440,71 \text{ kg} \geq 3372,02 \text{ kg } (\text{OK})$$

c)J Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi}(S1) = 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S1 = 25 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S2 = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut } (S) = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 50 \text{ mm}$$

3)J Kontrol kekuatan pelat siku

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d1 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 25 + 50 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

a)J Luasbidanggeser

$$Anv = Lnv \times t_L$$

$$= (L - n \times d1) \times t_{\text{siku}}$$

$$= (10 - 2 \times 1,75) \times 0,6$$

$$= 3,9 \text{ cm}^2$$

b)J Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\phi Vn = 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv)$$

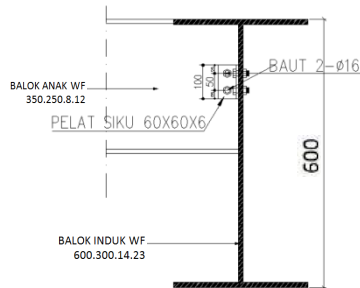
$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 3,9)$$

$$= 14391 \text{ kg}$$

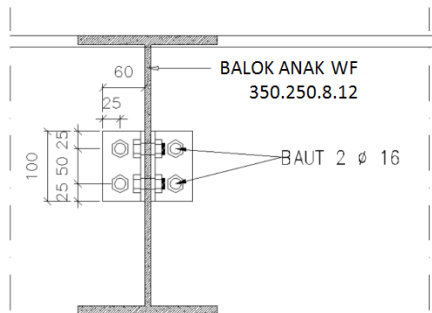
Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\phi Vn \geq Vu$$

$$14391 \text{ kg} > 3372,02 \text{ kg (OK)}$$



Gambar 7.1 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak (A)



Gambar 7.2 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak (B)

7.2 Sambungan Antara Balok Induk dengan Kolom

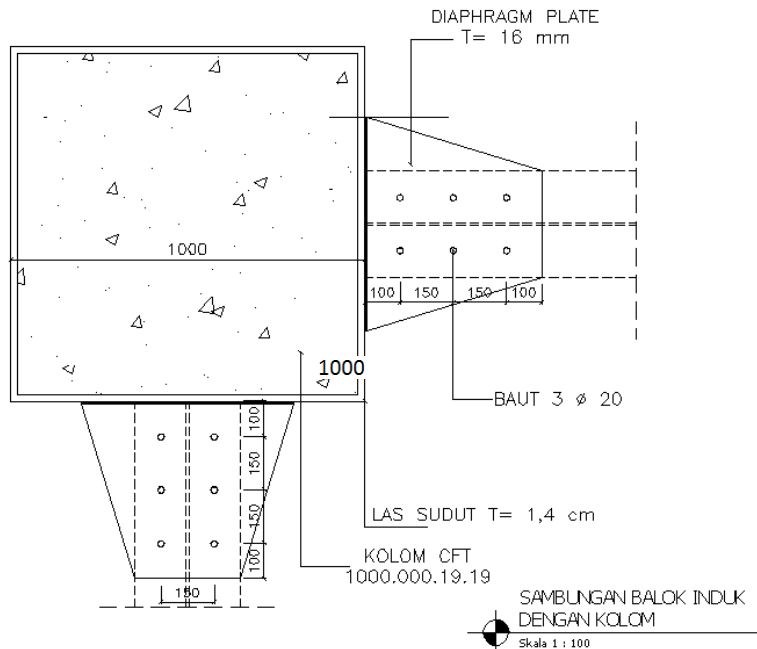
Profil balok induk menggunakan IWF 600 x 300 x 14 x 23 dan kolom dengan profil CFT 1000 x 1000 x 19 x 19 sambungan akan di desain dengan sambungan penahan moment. Sambungan akan direncanakan dengan menggunakan *diaphragm plate*, dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- J Beban P_u diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke kolom

- J Beban momen M_u diteruskan oleh sayap balok dengan *diaphragm plate* baja yang dilas tumpul dengan penetrasi penuh ke kolom

$$M_u = 93410,10 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 23233,90 \text{ kg}$$



Gambar 7.3 Tampak Atas Sambungan antara Balok Induk dengan Kolom

- 1)J Sambungan geser pada badan balok

Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\Phi \cdot V_n &= \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 5000) \cdot 1 \cdot 3,14 \\ &= 5890,49 \text{ (menentukan !)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\Phi \cdot R_n &= \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1,4 \cdot 4100 \\ &= 20664 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{23233,90}{5890,49} = 4,04 \text{ dipasang 6 buah}$$

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5 d_b \text{ s/d } (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pakai S1} &= 40 \text{ mm} \\ \text{(S2)} &= 1,25 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 25 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pakai S2} &= 35 \text{ mm} \\ \text{Jarak baut : (S)} &= 3 d_b \text{ s/d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pakai S} &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

2)J Sambungan geser pada kolom

Direncanakan dengan single plate dengan las sudut dengan tebal plat 12 mm dengan panjang 200 mm

$$A_{las} = 2 \times 20 = 40 \text{ cm}^2$$

$$S = 2 \left(\frac{d^2}{3} \right) = 2 \times \frac{20^2}{3} = 266,67 \text{ cm}^3$$

$$P_u = 23233,90 \text{ kg}$$

$$M_u = 8 \times 23233,90 = 185871,2 \text{ kg.cm}$$

Akibat P_u :

$$f_{vp} = \frac{23233,9}{40} = 580,85 \text{ kg / cm}^2$$

Akibat Mu :

$$f_{hm} = \frac{185871,2}{266,67} = 697,02 \text{ kg / cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{580,85^2 + 697,02^2} = 907,31 \text{ kg / cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_u \text{ las}} = \frac{907,31}{2214,45} = 0,41 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,41}{0,707} = 0,58 \text{ cm}$$

Syarat – syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{plat} = 30 \text{ mm}$

$$a_{\text{effmax}} = \frac{0,6 \times f_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E70xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 12}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 70 \times 70,3}$$

$$a_{\text{effmax}} = 7,1 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a_{\text{min}} = 6 \text{ mm}$

3)J Kontrol plat penyambung

Direncanakan menggunakan *single plate* 200 x 12, BJ 41 dengan $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$.

$$\begin{aligned} \text{Ølubang} &= 20 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 21,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Anv} &= L_{nv} \cdot t \\ &= (L - n \cdot \text{Ølubang}) \cdot t \\ &= (40 - 4 \cdot 2,15) \cdot 1,2 \\ &= 37,68 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= \Phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot \text{Anv}) \\ &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 4100 \cdot 37,68 \\ &= 83423,52 \text{ kg} > 23233,90 \text{ kg (Ok)} \end{aligned}$$

4)J Sambungan pada *diaphragm plate* dengan kolom

Direncanakan menggunakan sambungan las tumpul penetrasi penuh tebal 1,6 cm dan tebal *diaphragm plate* 16 mm dengan BJ 41,

Akibat gaya Mu, *diaphragm plate* akan mendapat gaya tarik sebesar:

$$T = \frac{Mu}{d_{\text{balok}}}$$

$$T = \frac{93410,1}{60} = 1556,84$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\phi R_n = 0,9 \times t_e \times f_y$$

$$\phi R_n = 0,9 \times 1,6 \times 2500 = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{\text{las}} = 1,6 \cdot (70) = 112 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{\text{total}} = \frac{1556,84}{112} = 13,90 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \phi R_n \quad 13,90 \text{ kg/cm}^2 < 3600 \text{ (OK)}$$

5)J Sambungan pada *diaphragm plate* dengan sayap balok

Kontrol Kekuatan Baut

Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ Kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu Øbaut 20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 5000) \cdot 1 \cdot 3,14 \\ &= 5890,49 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 2,3 \cdot 4100 \\ &= 33948 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{T}{\phi V_n} = \frac{23233,9}{5890,49} = 4,04$$

dipakai 6 baut dipasang 3 buah 2 sisi

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pakai S1	= 100 mm
(S2)	= 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm
	= 25 mm s/d 150 mm
Pakai S2	= 75 mm
Jarak baut (S)	= 3db s/d 15tp atau 200 mm
	= 60mm s/d 200 mm
Pakai S	= 150 mm

6)JKekuatan *diaphragm plate*

Dipakai baut Ø20mm, BJ41 dengan

$$f_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_g = w.t_w$$

$$= 30 \cdot 1,4 \text{ cm}$$

$$= 42 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - A_{\text{perlemahan}}$$

$$= 42 - (2 \cdot 2,15 \cdot 2,3)$$

$$= 32,11 \text{ cm}^2$$

Terhadap leleh

$$T \leq 0,9.A_g.f_y$$

$$1556,84 \text{ kg} \leq 0,9.42.2500$$

$$1556,84 \text{ kg} \leq 94500 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Terhadap patah

$$T \leq 0,9.A_n.f_u$$

$$1556,84 \text{ kg} \leq 0,9.32,11.4100$$

$$1556,84 \text{ kg} \leq 118485,9 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

7.3 Sambungan Kolom-Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 2 pada posisi dinding geser (*SPSW*) menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik

akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

1)J Gaya aksial pada sambungan

$$P_u = 667875,42 \text{ kg (Dari SAP)}$$

2)JMomen pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\ &= 392517,12 + 586685,36 \\ &= 979202,48 \text{ kgm} \end{aligned}$$

3)JGaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\ &= \frac{1}{2} \frac{(586685,36 + 979202,48)}{400} \\ &= 1957,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

4)J Sambungan las pada kolom

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS
 $1000 \times 1000 \times 19 \times 19$.

Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \\ &= \frac{979202,48}{100} \pm 667875,42 \end{aligned}$$

(+) = 677667,44 kg **menentukan**

(-) = 658083,40 kg

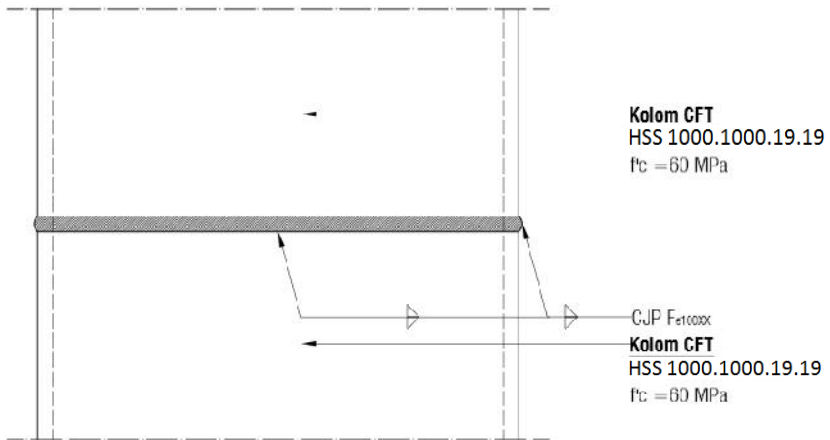
Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4100 \times (1,9 \times 320) \\ &= 1869600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{1957,36}{1869600}\right)^2 + \left(\frac{677667,44}{1869600}\right)^2 = 0,131 \leq 1 \dots \dots OK$$

Maka sambungan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} dapat digunakan pada sambungan kolom ke kolom.



Gambar 7.4 Sambungan Kolom dengan Kolom

7.4 Sambungan Pada Batang Bracing dengan Balok-Kolom

Sesuai peraturan SNI 03 – 1729 – 2002 butir 15.13.6.4 mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu $1,25 \cdot R_y \cdot V_n$.

$$V_u = 1,25 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal link, diambil yang terkecil dari V_p atau $2Mp/e$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (30,4 - 2 \cdot 1,7) \cdot 1,1 = 44550 \text{ kg (menentukan)}$$

$$2 \cdot Mp / e = 2 \cdot 3339377,10 / 100 = 66787,542 \text{ kg}$$

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n$$

$$= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 23233,9$$

$$= 43563,56 \text{ kg}$$

a.J Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 12 mm ($A_b = 1,131 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Tebal plat buhul = 17 mm

$$\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 8250) \cdot 2 \cdot 1,31$$

$$= 8105,625 \text{ kg (menentukan !)}$$

Kuat tumpu baut

$$\Phi \cdot R_n = \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 4100$$

$$= 15055,2 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{73125}{8105,625} = 9,02 \approx 10 \text{ buah}$$

b.J Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm

$$= 18 \text{ mm s.d. } 168 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm

$$= 36 \text{ mm s.d } 255 \text{ mm} \rightarrow 50 \text{ mm}$$

c.J Sambungan las sudut pada plat buhul

Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{70xx}

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

Kuat nominal las sudut

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw})$$

$$= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3$$

$$= 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las sudut

$$A_{las} = 2 \cdot (d+b)$$

$$= 2 \cdot (30+30) = 120 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$h = 400 \text{ cm}$$

$$b = 300 \text{ cm}$$

$$\cos \theta = 3/5 = 1$$

$$\sin \theta = 4/5 = 1$$

$$\cos \theta \cdot V_u = 1 \times 43563,56 = 43563,56 \text{ kg}$$

$$\sin \theta \cdot V_u = 1 \times 43563,56 = 43563,56 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{43563,56}{120} = 363,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{43563,56}{120} = 363,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{\left(\sum f_v\right)^2 + \left(\sum f_h\right)^2} \\ &= \sqrt{(363,03)^2 + (363,03)^2} \\ &= 513,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

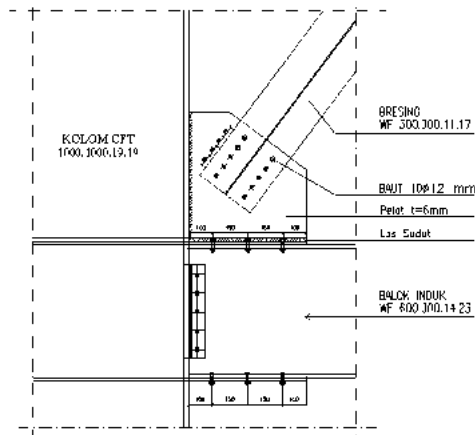
Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{513,4}{2214,45} = 0,23 \text{ cm}$$

Maka digunakan tebal las sudut 9 mm

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,23}{0,707} = 0,33 \text{ cm} > a_{min}$$

Digunakan ketebalan las sudut sebesar 12 mm



Gambar 7.5 Sambungan Bracing dengan Balok Utama dan Kolom

7.5 Sambungan Bracing dengan Balok Induk

$V_u = 28145 \text{ kg}$

Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $60 \times 60 \times 6$

1) J Sambungan plat pada bresing

Direncanakan :

$\varnothing_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}$ ($A_b = 2,011 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

a) J Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

b) J Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{28145}{7084,8} = 3,9, \text{ dipasang 4 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$4 \times 7084,8 \geq 28145 \text{ kg}$$

$$28339,2 \text{ kg} \geq 28145 \text{ (OK)}$$

c)J Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5 d_b \text{ s/d } (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} (\text{S2}) &= 1,25 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3 d_b \text{ s/d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

2)JSambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\phi_{\text{baut}} = 16 \text{ mm } (A_b = 2,011 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

a)J Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 6220,35 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b)J Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 0.6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{28145}{6220.35} = 4,52, \text{ dipasang 5 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$5 \times 6220,35 \geq 28145 \text{ kg}$$

$$31101,77 \text{ kg} \geq 28145 \text{ kg (OK)}$$

c)J Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi}(S1) = 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S1 = 50 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25 db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S2 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 200 \text{ mm}$$

3)J Kontrol kekuatan pelat siku

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d1 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 50 + 200 = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

a)J Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L$$

$$= (L - n \times d1) \times t_{\text{siku}}$$

$$= (30 - 5 \times 1,75) \times 0,6$$

$$= 12,75 \text{ cm}^2$$

b)J Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

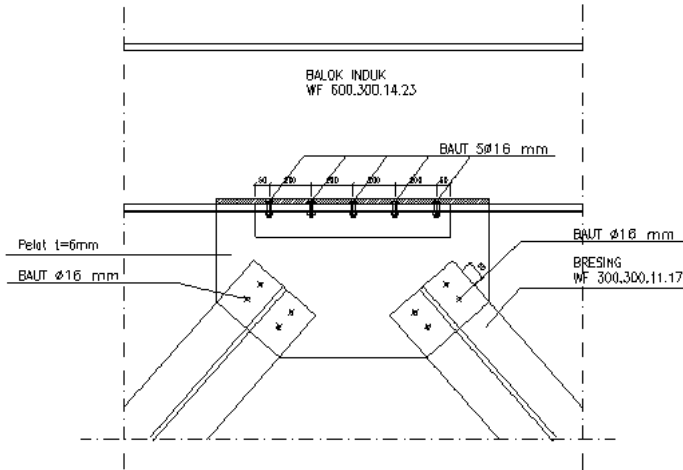
$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 12,75)$$

$$= 47047,5 \text{ kg}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$47047,5 \text{ kg} > 28145 \text{ kg (OK)}$$



Gambar 7.6 Sambungan Bracing dengan Balok Utama

7.6 Sambungan Outrigger dengan Balok Induk

Dari SAP 2000 didapatkan $V_u = 8363,30$ kg.
Sambungan ini direncanakan dengan profil siku $60 \times 60 \times 6$

1)J Sambungan plat pada outrigger

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 16 \text{ mm } (A_b = 2,011 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

a)J Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

b)J Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \end{aligned}$$

$$= 7084,8 \text{ kg (menentukan)}$$

$$n = \frac{8363,30}{7084,8} = 1,18, \text{ dipasang 4 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$2 \times 7084,8 \geq 8363,30 \text{ kg}$$

$$14169,6 \text{ kg} \geq 8363,30 \text{ (OK)}$$

c)J Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{(S2)} &= 1,25 d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

2)J Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\phi_{\text{baut}} = 16 \text{ mm } (A_b = 2,011 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

a)J Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 6220,35 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b)J Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 0.6 \times 4100 \end{aligned}$$

$$= 7084,8 \text{ kg}$$

$$n = \frac{8363,30}{6220,35} = 1,35, \text{ dipasang 4 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$2 \times 6220,35 \geq 8363,30 \text{ kg}$$

$$12440,71 \text{ kg} \geq 8363,30 \text{ kg (OK)}$$

c)J Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi}(S_1) &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} (S_2) &= 1,25 db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_2 = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 50 \text{ mm}$$

3)J Kontrol kekuatan pelat siku

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d_1 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S_1 + S = 2 \times 25 + 50 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

a)J Luas bidang geser

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_L \\ &= (L - n \times d_1) \times t_{\text{siku}} \\ &= (10 - 2 \times 1,75) \times 0,6 \\ &= 3,9 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

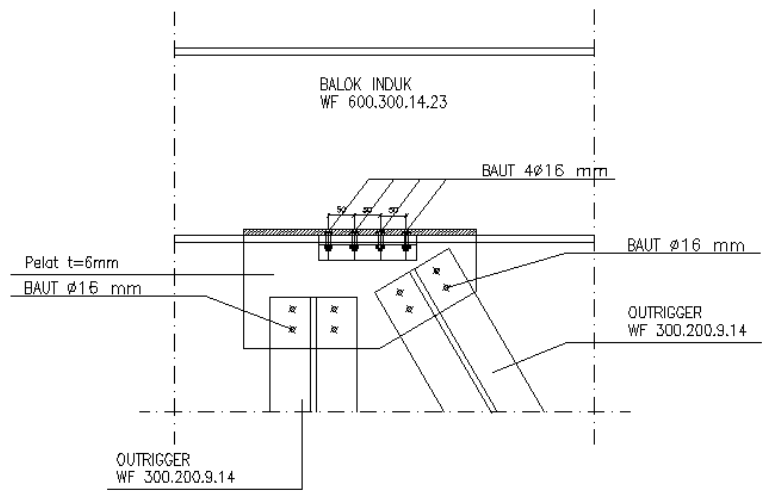
b)J Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 3,9) \\ &= 14391 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$14391 \text{ kg} > 8363,30 \text{ kg (OK)}$$



Gambar 7.7 Sambungan Outrigger dengan Balok Utama

BAB VIII PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus, dan Sistem rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger dengan variasi tinggi gedung yaitu 20, 30, 40, 50, dan 60 lantai dan dimensi yang telah ditentukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

1.J Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada zona gempa tinggi dengan profil CFT dan profil WF yang digunakan, mampu menahan gaya geser dasar (base shear) yang terjadi, begitu juga pada Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus, dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger, meski dengan dimensi profil yang lebih kecil, bangunan-bangunan tersebut mampu menahan gaya geser dasar yang terjadi.

2.J Perpindahan (Displacement)

Perpindahan yang dihasilkan pada tiap gedung dan tiap sistem yang digunakan berbeda-beda. Secara umum nilai simpangan antar tingkat untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus lebih besar dari kedua sistem yang lain. Sedangkan untuk analisa batas ultimate, bangunan 60 lantai pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus tidak memenuhi batas syarat maksimum, sedangkan untuk bangunan lantai 50,40,30,20 memenuhi syarat. Begitu pun untuk Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger, pada semua bangunan telah

memenuhi syarat atau lebih kecil syarat maksimum yang ditentukan. Hal ini berarti dengan menggunakan kedua sistem tersebut, maka lebih kecil kemungkinan terjadi displacement yang dapat mengakibatkan keruntuhan.

- 3.J Dari analisa yang didapat, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger mampu menahan gaya-gaya yang ada dibandingkan dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus meski dimensi profil yang digunakan lebih kecil dari kedua sistem yang lain.

8.2 Saran

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomis, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

Analisa Simpangan Tiap Lantai

1.J 20 Lantai

•J Arah X

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outtrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outtrigger
20	12,90	9,40	6,30	0,73	1,00	0,30
19	12,70	9,10	6,20	0,73	1,00	0,60
18	12,50	8,80	6,00	1,10	1,00	0,90
17	12,20	8,50	5,70	1,10	1,33	0,90
16	11,90	8,10	5,40	1,83	1,33	0,90
15	11,40	7,70	5,10	1,83	1,67	0,90
14	10,90	7,20	4,80	1,83	1,67	1,20
13	10,40	6,70	4,40	2,57	1,67	1,20
12	9,70	6,20	4,00	2,57	1,67	1,20
11	9,00	5,70	3,60	2,93	2,00	0,90
10	8,20	5,10	3,30	2,93	2,00	0,30
9	7,40	4,50	3,20	3,30	1,67	1,20
8	6,50	4,00	2,80	3,30	2,00	1,20
7	5,60	3,40	2,40	3,67	2,00	1,20
6	4,60	2,80	2,00	3,67	2,00	1,20
5	3,60	2,20	1,60	3,30	2,00	1,20
4	2,70	1,60	1,20	3,67	2,00	1,20
3	1,70	1,00	0,80	2,93	1,67	1,20
2	0,90	0,50	0,40	2,57	1,33	0,90
1	0,20	0,10	0,10	0,73	0,33	0,30

•J Arah Y

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
20	11,00	8,00	5,70	0,37	0,67	0,30
19	10,90	7,80	5,60	0,73	0,67	0,60
18	10,70	7,60	5,40	1,10	1,00	0,60
17	10,40	7,30	5,20	1,10	1,00	0,60
16	10,10	7,00	5,00	1,10	1,33	0,90
15	9,80	6,60	4,70	1,83	1,00	0,90
14	9,30	6,30	4,40	1,83	1,67	1,20
13	8,80	5,80	4,00	1,83	1,33	0,90
12	8,30	5,40	3,70	2,20	1,67	0,90
11	7,70	4,90	3,40	2,57	1,67	0,90
10	7,00	4,40	3,10	2,57	1,33	0,60
9	6,30	4,00	2,90	2,57	1,67	0,90
8	5,60	3,50	2,60	2,93	1,67	1,20
7	4,80	3,00	2,20	2,93	1,67	1,20
6	4,00	2,50	1,80	2,93	2,00	0,90
5	3,20	1,90	1,50	3,30	1,67	1,20
4	2,30	1,40	1,10	2,57	1,67	1,20
3	1,60	0,90	0,70	2,93	1,33	0,90
2	0,80	0,50	0,40	2,20	1,33	0,90
1	0,20	0,10	0,10	0,73	0,33	0,30

2.J 30 Lantai

•J Arah X

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
30	29,40	24,20	17,10	0,73	1,33	0,30
29	29,20	23,80	17,00	1,10	1,33	0,90
28	28,90	23,40	16,70	1,10	1,67	1,20
27	28,60	22,90	16,30	1,47	1,67	1,20
26	28,20	22,40	15,90	1,83	1,67	1,50
25	27,70	21,90	15,40	2,20	2,33	1,50
24	27,10	21,20	14,90	2,57	2,00	1,80
23	26,40	20,60	14,30	2,57	2,67	1,80
22	25,70	19,80	13,70	2,93	2,33	1,80
21	24,90	19,10	13,10	3,30	2,67	2,10
20	24,00	18,30	12,40	3,67	3,00	1,80
19	23,00	17,40	11,80	4,03	2,67	2,10
18	21,90	16,60	11,10	4,03	3,00	2,10
17	20,80	15,70	10,40	4,40	3,00	1,80
16	19,60	14,80	9,80	4,40	3,33	1,80
15	18,40	13,80	9,20	4,77	3,33	0,90
14	17,10	12,80	8,90	5,13	3,33	1,80
13	15,70	11,80	8,30	4,77	3,33	2,10
12	14,40	10,80	7,60	5,13	3,67	2,40
11	13,00	9,70	6,80	5,13	3,33	2,10
10	11,60	8,70	6,10	5,13	3,67	2,40
9	10,20	7,60	5,30	5,13	3,33	2,40
8	8,80	6,60	4,50	5,13	3,67	2,10
7	7,40	5,50	3,80	4,77	3,33	2,10

6	6,10	4,50	3,10	5,13	3,33	2,10
5	4,70	3,50	2,40	4,77	3,33	2,10
4	3,40	2,50	1,70	4,40	3,00	1,80
3	2,20	1,60	1,10	4,03	2,67	1,50
2	1,10	0,80	0,60	2,93	2,00	1,20
1	0,30	0,20	0,20	1,10	0,67	0,60

•J Arah Y

Lt.	δx_e			Δ		
	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
30	25,60	20,90	15,40	1,10	1,33	0,30
29	25,30	20,50	15,30	0,73	1,00	0,90
28	25,10	20,20	15,00	1,47	1,33	1,20
27	24,70	19,80	14,60	1,10	1,33	1,20
26	24,40	19,40	14,20	1,83	1,67	1,50
25	23,90	18,90	13,80	1,83	2,00	1,50
24	23,40	18,30	13,30	2,20	1,67	1,80
23	22,80	17,80	12,80	2,57	2,33	1,80
22	22,10	17,10	12,30	2,57	2,00	1,80
21	21,40	16,50	11,80	2,93	2,33	2,10
20	20,60	15,80	11,20	3,30	2,33	1,80
19	19,70	15,10	10,60	3,30	2,33	2,10
18	18,80	14,40	10,00	3,67	2,67	2,10
17	17,80	13,60	9,40	3,67	2,67	1,80
16	16,80	12,80	8,80	3,67	2,67	1,80
15	15,80	12,00	8,30	4,03	2,67	0,90
14	14,70	11,20	7,90	4,40	3,00	1,80
13	13,50	10,30	7,40	4,00	3,00	2,10

12	12,50	9,40	6,70	5,00	3,00	2,40
11	11,10	8,50	6,10	4,03	3,00	2,10
10	10,00	7,60	5,40	4,40	3,00	2,40
9	8,80	6,70	4,70	4,40	3,00	2,40
8	7,60	5,80	4,10	4,03	3,00	2,10
7	6,50	4,90	3,40	4,40	3,00	2,10
6	5,30	4,00	2,80	4,40	3,00	2,10
5	4,10	3,10	2,20	4,03	2,67	2,10
4	3,00	2,30	1,60	4,03	2,67	1,80
3	1,90	1,50	1,00	3,30	2,33	1,50
2	1,00	0,80	0,50	2,57	2,00	1,20
1	0,30	0,20	0,10	1,10	0,67	0,60

3.J 40 Lantai

•J Arah X

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
40	52,40	45,30	43,10	1,10	1,33	0,90
39	52,10	44,90	42,80	1,47	1,67	1,50
38	51,70	44,40	42,30	1,47	2,00	1,50
37	51,30	43,80	41,80	1,83	2,00	1,80
36	50,80	43,20	41,20	2,20	2,33	2,10
35	50,20	42,50	40,50	2,57	2,67	2,10
34	49,50	41,70	39,80	2,93	2,67	2,40
33	48,70	40,90	39,00	2,93	3,00	2,70
32	47,90	40,00	38,10	3,67	3,00	3,00
31	46,90	39,10	37,10	3,67	3,00	2,70

30	45,90	38,20	36,20	4,03	3,33	3,00
29	44,80	37,20	35,20	4,40	3,67	3,30
28	43,60	36,10	34,10	4,77	3,67	3,30
27	42,30	35,00	33,00	4,77	3,67	3,30
26	41,00	33,90	31,90	5,50	4,00	3,60
25	39,50	32,70	30,70	5,13	4,33	3,60
24	38,10	31,40	29,50	5,87	4,00	3,60
23	36,50	30,20	28,30	5,87	4,67	3,90
22	34,90	28,80	27,00	5,87	4,33	3,60
21	33,30	27,50	25,80	5,87	4,67	3,00
20	31,70	26,10	24,80	6,23	5,00	3,00
19	30,00	24,60	23,80	5,87	5,00	3,30
18	28,40	23,10	22,70	6,23	5,00	3,60
17	26,70	21,60	21,50	6,23	5,00	3,90
16	25,00	20,10	20,20	6,60	5,00	4,20
15	23,20	18,60	18,80	6,60	5,33	4,20
14	21,40	17,00	17,40	6,60	5,00	4,50
13	19,60	15,50	15,90	6,60	5,33	4,20
12	17,80	13,90	14,50	6,60	5,00	4,50
11	16,00	12,40	13,00	6,60	5,00	4,50
10	14,20	10,90	11,50	6,23	4,67	4,20
9	12,50	9,50	10,10	6,60	4,67	4,50
8	10,70	8,10	8,60	6,23	4,33	4,20
7	9,00	6,80	7,20	5,87	4,33	3,90
6	7,40	5,50	5,90	6,23	4,33	4,20
5	5,70	4,20	4,50	5,87	4,00	3,60
4	4,10	3,00	3,30	5,50	3,67	3,60
3	2,60	1,90	2,10	4,77	3,00	3,00

2	1,30	1,00	1,10	3,30	2,33	2,40
1	0,40	0,30	0,30	1,47	1,00	0,90

●J Arah Y

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
40	46,50	39,80	38,10	1,10	1,67	0,90
39	46,20	39,30	37,80	1,47	1,67	1,50
38	45,80	38,80	37,30	1,83	1,67	1,50
37	45,30	38,30	36,80	1,83	2,00	1,80
36	44,80	37,70	36,20	2,20	2,00	1,80
35	44,20	37,10	35,60	2,57	2,33	2,10
34	43,50	36,40	34,90	2,57	2,33	2,40
33	42,80	35,70	34,10	2,93	2,67	2,40
32	42,00	34,90	33,30	3,30	2,67	2,40
31	41,10	34,10	32,50	3,30	3,00	2,70
30	40,20	33,20	31,60	4,03	3,00	2,70
29	39,10	32,30	30,70	4,03	3,00	3,00
28	38,00	31,40	29,70	4,03	3,33	2,70
27	36,90	30,40	28,80	4,40	3,33	3,00
26	35,70	29,40	27,80	4,77	3,33	3,30
25	34,40	28,40	26,70	4,77	3,67	3,30
24	33,10	27,30	25,60	5,13	3,67	3,30
23	31,70	26,20	24,50	5,13	4,00	3,30
22	30,30	25,00	23,40	5,13	3,67	3,00
21	28,90	23,90	22,40	5,50	4,33	3,00
20	27,40	22,60	21,40	5,13	4,00	2,10

19	26,00	21,40	20,70	5,50	4,33	2,70
18	24,50	20,10	19,80	5,13	4,33	3,30
17	23,10	18,80	18,70	5,50	4,33	3,30
16	21,60	17,60	17,50	5,87	4,33	3,60
15	20,00	16,40	16,20	5,50	4,67	3,90
14	18,50	15,10	14,80	5,87	4,33	3,60
13	16,90	13,90	13,50	5,50	4,33	3,90
12	15,40	12,60	12,20	5,87	4,33	3,60
11	13,80	11,40	10,90	5,50	4,33	3,90
10	12,30	10,10	9,60	5,50	4,00	3,60
9	10,80	8,90	8,40	5,50	4,33	3,90
8	9,30	7,60	7,10	5,50	3,67	3,60
7	7,80	6,40	6,00	5,13	4,00	3,60
6	6,40	5,20	4,80	5,13	3,67	3,60
5	5,00	4,00	3,70	5,13	3,33	3,30
4	3,60	2,90	2,70	4,77	3,33	3,00
3	2,30	1,90	1,70	4,03	2,67	2,70
2	1,20	1,00	0,90	3,30	2,33	2,10
1	0,30	0,20	0,30	1,10	0,67	3,30

4.J 50 Lantai

•J Arah X

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
50	80,00	73,80	71,00	1,83	2,00	1,20
49	79,50	73,20	70,60	1,83	2,33	1,50
48	79,00	72,50	70,10	1,83	2,33	2,10

47	78,50	71,80	69,40	2,57	2,67	2,40
46	77,80	71,00	68,60	2,57	2,67	2,40
45	77,10	70,20	67,80	2,93	3,00	2,70
44	76,30	69,30	66,90	3,30	3,33	2,70
43	75,40	68,30	66,00	3,67	3,33	3,30
42	74,40	67,30	64,90	4,03	3,67	3,30
41	73,30	66,20	63,80	4,40	4,00	3,30
40	72,10	65,00	62,70	4,77	3,67	3,60
39	70,80	63,90	61,50	4,77	4,33	3,90
38	69,50	62,60	60,20	5,50	4,00	3,60
37	68,00	61,40	59,00	5,50	4,67	4,20
36	66,50	60,00	57,60	5,87	4,67	4,20
35	64,90	58,60	56,20	5,87	4,67	4,20
34	63,30	57,20	54,80	6,60	5,00	4,50
33	61,50	55,70	53,30	6,60	5,33	4,50
32	59,70	54,10	51,80	6,60	5,33	4,80
31	57,90	52,50	50,20	6,97	5,67	4,80
30	56,00	50,80	48,60	6,60	5,67	4,80
29	54,20	49,10	47,00	6,97	6,00	4,80
28	52,30	47,30	45,40	6,97	6,00	4,50
27	50,40	45,50	43,90	7,33	6,33	4,80
26	48,40	43,60	42,30	7,33	6,33	4,50
25	46,40	41,70	40,80	7,70	6,33	3,00
24	44,30	39,80	39,80	7,70	6,33	4,50
23	42,20	38,30	37,90	7,70	6,67	5,10
22	40,10	36,60	35,90	7,70	6,67	5,40
21	38,00	34,80	33,90	7,70	6,33	5,40
20	35,90	33,00	32,0 0	7,70	6,67	5,70

19	33,80	31,10	30,00	7,33	6,33	6,00
18	31,80	29,10	28,10	7,70	6,33	5,70
17	29,70	27,20	26,20	7,70	6,67	6,00
16	27,60	25,20	24,20	7,70	6,33	6,00
15	25,50	23,20	22,30	7,70	6,33	6,00
14	23,40	21,20	20,40	7,70	6,33	5,70
13	21,30	19,30	18,50	7,33	6,33	6,00
12	19,30	17,30	16,60	7,70	6,33	5,70
11	17,20	15,40	14,70	7,33	6,00	5,70
10	15,20	13,50	12,90	6,97	5,67	5,40
9	13,30	11,70	11,20	6,60	5,33	5,10
8	11,50	10,00	9,60	6,97	5,67	5,10
7	9,60	8,30	7,90	6,60	5,00	4,80
6	7,80	6,70	6,40	6,23	5,00	4,80
5	6,10	5,10	4,90	6,23	4,67	4,20
4	4,40	3,70	3,50	5,87	4,00	4,20
3	2,80	2,30	2,30	5,13	4,00	3,30
2	1,40	1,10	1,20	3,67	2,67	2,70
1	0,40	0,30	0,30	1,47	1,00	0,90

•J Arah Y

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
50	73,30	71,00	66,20	1,83	2,33	1,50
49	72,80	70,60	65,50	2,20	2,33	1,80
48	72,20	70,10	64,80	2,57	2,33	2,10
47	71,50	69,40	64,10	2,57	2,67	2,40

46	70,80	68,60	63,30	2,93	2,67	2,40
45	70,00	67,80	62,50	3,30	3,00	2,70
44	69,10	66,90	61,60	3,30	3,00	3,00
43	68,20	66,00	60,70	3,67	3,33	3,00
42	67,20	64,90	59,70	4,03	3,33	3,00
41	66,10	63,80	58,70	4,40	3,67	3,30
40	64,90	62,70	57,60	4,40	3,67	3,60
39	63,70	61,50	56,50	4,77	4,00	3,30
38	62,40	60,20	55,30	5,13	4,00	3,60
37	61,00	59,00	54,10	5,50	4,00	3,90
36	59,50	57,60	52,90	5,50	4,33	3,90
35	58,00	56,20	51,60	5,50	4,33	3,90
34	56,50	54,80	50,30	5,87	4,67	4,20
33	54,90	53,30	48,90	6,23	4,67	4,20
32	53,20	51,80	47,50	6,23	5,00	4,20
31	51,50	50,20	46,00	6,23	5,00	4,50
30	49,80	48,60	44,50	6,23	5,00	4,20
29	48,10	47,00	43,00	6,60	5,33	4,20
28	46,30	45,40	41,40	6,23	5,33	4,50
27	44,60	43,90	39,80	6,60	5,67	4,20
26	42,80	42,30	38,10	6,60	5,33	3,60
25	41,00	40,80	36,50	6,97	5,67	2,70
24	39,10	38,80	34,80	6,97	5,67	3,90
23	37,20	37,30	33,10	6,97	6,00	4,50
22	35,30	35,60	31,30	6,97	5,67	4,80
21	33,40	33,80	29,60	6,60	5,67	4,80
20	31,60	32,00	27,90	6,97	5,33	5,10
19	29,70	30,10	26,30	6,60	6,00	5,10

18	27,90	28,10	24,50	6,97	5,67	5,10
17	26,00	26,20	22,80	7,00	5,67	5,10
16	24,30	24,20	21,10	7,20	5,33	5,10
15	22,30	22,20	19,50	6,60	5,67	5,40
14	20,50	20,20	17,80	6,60	5,67	5,10
13	18,70	18,30	16,10	6,60	5,33	5,10
12	16,80	16,30	14,50	6,60	5,33	4,80
11	15,00	14,40	12,90	6,23	5,00	5,10
10	13,30	12,50	11,40	6,23	5,00	4,50
9	11,60	10,70	9,90	5,87	5,00	4,50
8	10,00	10,00	8,40	5,87	4,67	4,50
7	8,40	8,30	7,00	5,50	4,33	4,20
6	6,90	6,70	5,70	5,87	4,33	3,90
5	5,30	5,10	4,40	5,13	4,00	3,90
4	3,90	3,70	3,20	5,13	4,00	3,60
3	2,50	2,30	2,00	4,40	3,00	3,00
2	1,30	1,20	1,10	3,30	2,67	2,40
1	0,40	0,30	0,30	1,47	1,00	0,90

5.J 60 Lantai

•J Arah X

Lt.	δx_e			Δ		
	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
60	112,80	108,60	106,50	2,20	2,67	1,50
59	112,20	107,80	106,00	2,57	2,67	2,10
58	111,50	107,00	105,30	2,57	3,00	2,70
57	110,80	106,10	104,40	2,93	3,33	2,70

56	110,00	105,10	103,50	3,30	3,33	3,00
55	109,10	104,10	102,50	3,67	3,67	3,30
54	108,10	103,00	101,40	4,03	3,67	3,30
53	107,00	101,90	100,30	4,40	4,00	3,90
52	105,80	100,70	99,00	4,40	4,33	3,90
51	104,60	99,40	97,70	5,13	4,33	3,90
50	103,20	98,10	96,40	5,50	4,67	4,20
49	101,70	96,70	95,00	5,50	4,67	4,20
48	100,20	95,30	93,60	6,23	5,00	4,50
47	98,50	93,80	92,10	6,23	5,33	4,80
46	96,80	92,20	90,50	6,60	5,33	4,80
45	95,00	90,60	88,90	6,97	5,67	5,10
44	93,10	88,90	87,20	6,97	5,67	5,10
43	91,20	87,20	85,50	7,33	6,00	5,40
42	89,20	85,40	83,70	7,70	6,00	5,70
41	87,10	83,60	81,80	7,70	6,67	5,40
40	85,00	81,60	80,00	7,70	6,33	5,70
39	82,90	79,70	78,10	7,70	7,00	5,70
38	80,80	77,60	76,20	8,07	7,00	5,70
37	78,60	75,50	74,30	8,07	7,00	6,00
36	76,40	73,40	72,30	8,43	7,33	6,00
35	74,10	71,20	70,20	8,43	7,33	6,00
34	71,80	69,00	68,00	8,80	7,67	6,00
33	69,40	66,70	65,70	8,80	7,67	6,30
32	67,00	64,40	63,40	8,80	7,67	6,00
31	64,60	62,20	61,10	8,43	7,67	5,70
30	62,30	60,30	58,80	8,80	7,67	4,20
29	59,90	58,90	56,50	8,80	7,67	5,40

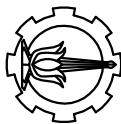
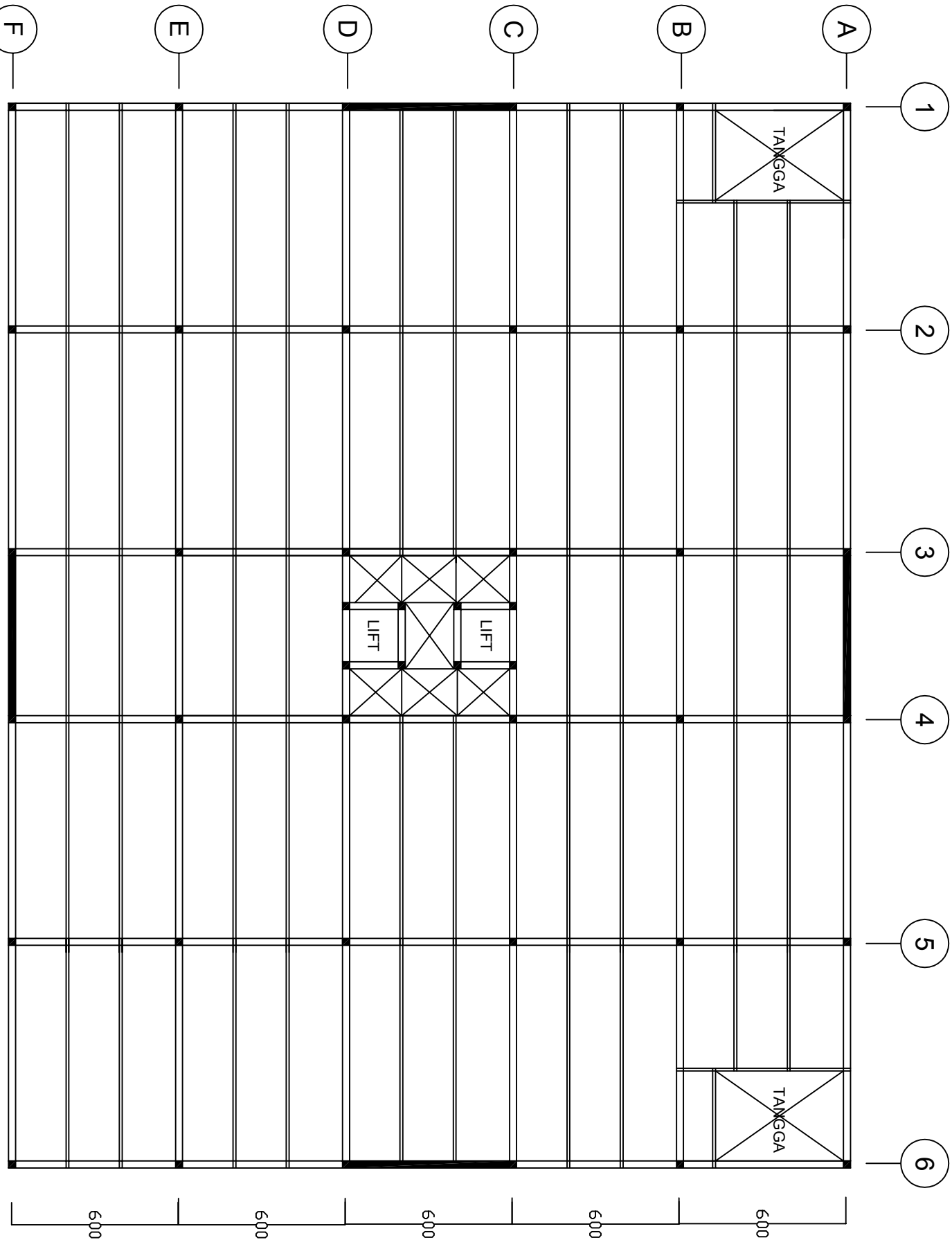
28	57,50	57,10	54,20	8,80	7,67	6,60
27	55,10	54,90	51,90	8,80	7,67	6,90
26	52,70	52,60	49,60	8,80	8,00	6,90
25	50,30	50,30	47,20	8,80	7,67	7,20
24	47,90	47,90	44,90	9,17	8,00	7,20
23	45,40	45,50	42,50	8,80	8,00	7,50
22	43,00	43,00	40,10	8,80	7,67	7,20
21	40,60	40,60	37,80	8,80	7,67	7,20
20	38,20	38,20	35,50	8,07	7,67	7,20
19	36,00	35,80	33,20	8,43	7,33	6,90
18	33,70	33,50	31,00	8,07	7,67	7,20
17	31,50	31,10	28,70	8,07	7,33	6,90
16	29,30	28,80	26,50	8,07	7,33	7,20
15	27,10	26,40	24,30	8,07	7,00	6,90
14	24,90	24,10	22,20	8,07	7,33	6,90
13	22,70	21,80	20,00	8,07	7,00	6,60
12	20,50	19,60	17,90	8,07	6,67	6,60
11	18,30	17,40	15,90	7,70	6,67	6,60
10	16,20	15,20	13,90	7,33	6,00	6,00
9	14,20	13,20	12,10	7,70	6,00	6,00
8	12,10	11,20	10,30	6,60	6,00	5,70
7	10,30	9,30	8,50	6,97	5,33	5,40
6	8,40	7,50	6,90	6,97	5,33	5,40
5	6,50	5,70	5,30	6,60	5,00	4,80
4	4,70	4,10	3,80	6,23	4,67	4,50
3	3,00	2,60	2,40	5,13	3,67	3,90
2	1,60	1,30	1,30	4,40	3,33	2,70
1	0,40	0,30	0,40	1,47	1,00	1,20

•J Arah Y

	δx_e			Δ		
Lt.	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger	SRPMK	SRBKK	SRBKK + Outrigger
60	107,20	100,40	98,60	2,93	2,67	2,10
59	106,40	99,60	97,90	3,30	3,33	2,40
58	105,50	98,60	97,10	3,30	3,00	3,00
57	104,60	97,70	96,10	3,30	3,67	3,00
56	103,70	96,60	95,10	4,03	3,67	3,30
55	102,60	95,50	94,00	4,03	3,67	3,60
54	101,50	94,40	92,80	4,40	4,00	3,60
53	100,30	93,20	91,60	4,77	4,33	3,90
52	99,00	91,90	90,30	5,13	4,33	3,90
51	97,60	90,60	89,00	5,13	4,33	4,20
50	96,20	89,30	87,60	5,87	4,67	4,20
49	94,60	87,90	86,20	5,87	4,67	4,50
48	93,00	86,50	84,70	5,87	5,00	4,50
47	91,40	85,00	83,20	6,60	5,00	4,50
46	89,60	83,50	81,70	6,60	5,33	4,80
45	87,80	81,90	80,10	6,60	5,33	4,80
44	86,00	80,30	78,50	6,97	5,67	5,10
43	84,10	78,60	76,80	7,33	5,67	5,10
42	82,10	77,90	75,10	7,33	6,00	5,40
41	80,10	75,10	73,30	7,33	6,00	5,40
40	78,10	73,30	71,50	7,70	6,33	5,10
39	76,00	71,40	69,80	7,33	6,33	5,40
38	74,00	69,50	68,00	7,70	6,33	5,40
37	71,90	67,60	66,20	7,70	6,67	5,70

36	69,80	66,60	64,30	8,07	6,67	5,70
35	67,60	64,60	62,40	8,07	7,00	5,40
34	65,40	62,50	60,50	8,07	6,67	6,00
33	63,20	60,50	58,50	8,43	7,00	5,70
32	60,90	58,40	56,40	8,07	7,00	5,40
31	58,70	56,30	54,30	8,07	7,00	4,80
30	56,50	54,20	52,20	8,43	7,00	3,90
29	54,20	52,10	50,10	8,07	7,00	5,10
28	52,00	50,00	48,00	8,07	7,00	5,70
27	49,80	48,40	45,90	8,07	7,00	6,30
26	47,60	46,30	43,80	8,07	7,00	6,30
25	45,40	44,20	41,70	8,43	7,00	6,30
24	43,10	42,10	39,60	8,07	7,00	6,60
23	40,90	39,90	37,50	8,43	7,00	6,30
22	38,60	37,80	35,40	8,07	7,00	6,60
21	36,40	35,60	33,30	7,70	7,00	6,30
20	34,30	33,50	31,20	7,70	6,67	6,30
19	32,20	31,40	29,20	7,33	6,33	6,30
18	30,20	29,30	27,30	7,70	6,67	6,30
17	28,10	27,20	25,30	7,33	6,33	6,00
16	26,10	25,20	23,40	7,33	6,67	6,30
15	24,10	23,10	21,40	7,33	6,33	6,00
14	22,10	21,10	19,50	7,33	6,33	6,00
13	20,10	19,10	17,60	6,97	6,00	6,00
12	18,20	17,10	15,80	7,33	6,00	5,70
11	16,20	15,20	14,00	6,60	5,67	5,40
10	14,40	13,40	12,30	6,60	5,67	5,40
9	12,60	11,60	10,60	6,60	5,00	5,10

8	10,80	9,90	9,10	6,23	5,00	5,10
7	9,10	8,20	7,60	6,23	5,00	4,80
6	7,40	6,60	6,10	5,87	4,67	4,50
5	5,80	5,10	4,70	5,87	4,33	4,20
4	4,20	3,70	3,40	5,50	4,00	3,90
3	2,70	2,40	2,20	4,77	3,67	3,60
2	1,40	1,20	1,10	3,67	2,67	2,70
1	0,40	0,30	0,30	1,47	1,00	0,90



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Irianata, ST, MT, Ph.D
Ir. Heppy Kristianto, MS.

MAHASISWA

Yeheskiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

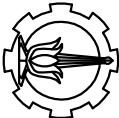
DENAH
BANGUNAN

SKALA

1 : 200

LEMBAR JUMLAH

1 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRBK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata, ST, MT, Ph.D
Ir. Heppy Kristianto, MS.

MAHASISWA

Yeheskiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

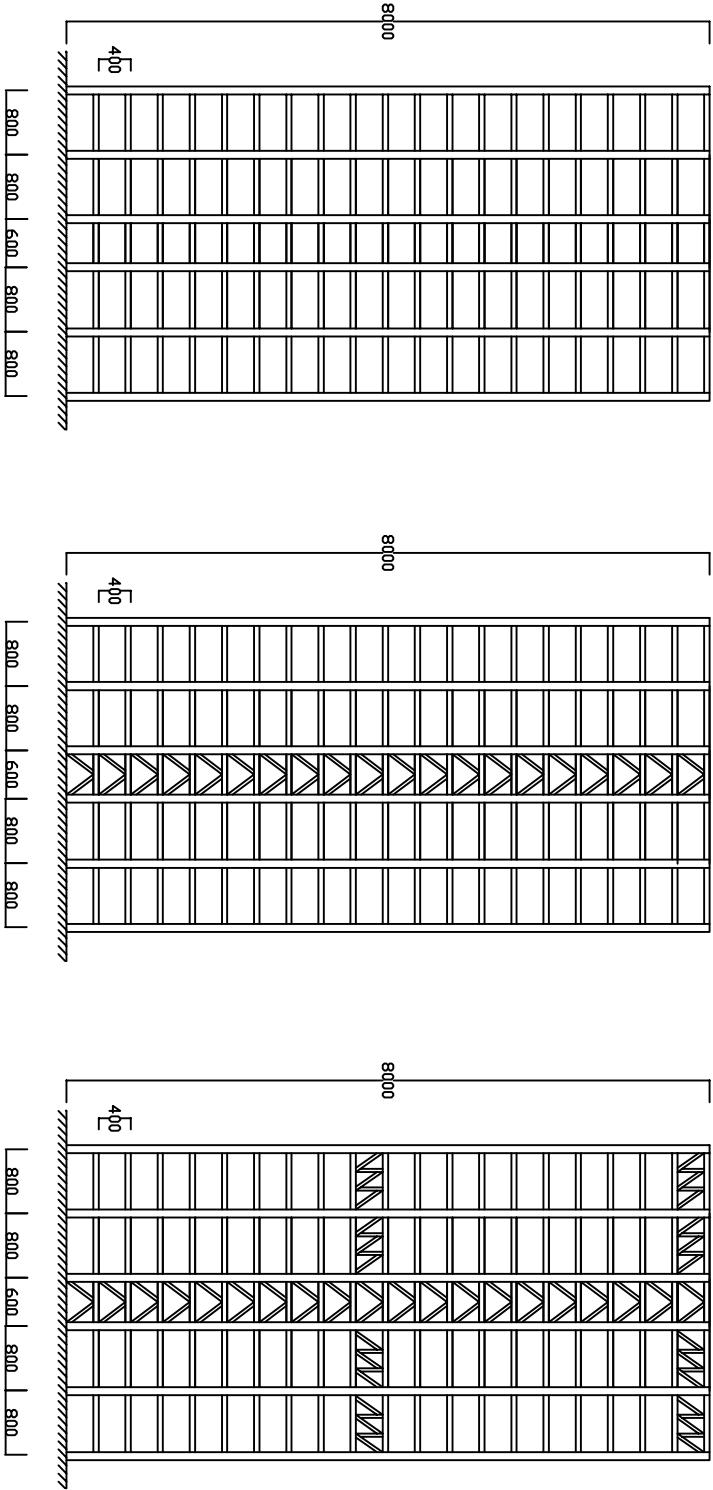
POTONGAN
MEMANJANG
BANGUNAN 20
LANTAI

SKALA

1 : 1000

LEMBAR JUMLAH

2 20

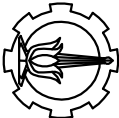


POT. MEMANJANG SRPMK 20 LT.
SKALA 1 : 1000

POT. MEMANJANG SRBKK 20 LT.
SKALA 1 : 1000

POT. MEMANJANG SRBKK +
OUTRIGGER 20 LANTAI
SKALA 1 : 1000

<div></div> <div>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</div>		<div>JURORIP DASAS TUGAS AKHIR</div> <div>STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN MENGGUNAKAN SRPM, SRBK DAN SRBK MENGGUNAKAN OUTRIGGER</div> <div>DOSEN PEMBIMBING</div> <div>Data Imanata, ST.MT, Ph.D Ir. Heppy Kristianto, MS.</div> <div>MAHASISWA</div> <div>Yehezkiel Septian Yoganata 3113106046</div> <div>JUDUL GAMBAR</div> <div>POTONGAN MELINTANG BANGUNAN 20 LANTAI</div> <div>SKALA</div> <div>1 : 1000</div> <div>LEMBAR JUMLAH</div> <div>3 20</div>			
<div></div> <div>POT. MELINTANG SRPMK 20 LT. SKALA 1 : 1000</div>		<div></div> <div>POT. MELINTANG SRBK 20 LT. SKALA 1 : 1000</div>		<div></div> <div>POT. MELINTANG SRBK + OUTRIGGER 20 LANTAI SKALA 1 : 1000</div>	



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRBK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Imanata, ST,MT,Ph.D
Ir. Heppy Kristianto,MS.

MAHASISWA

Yeheskiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

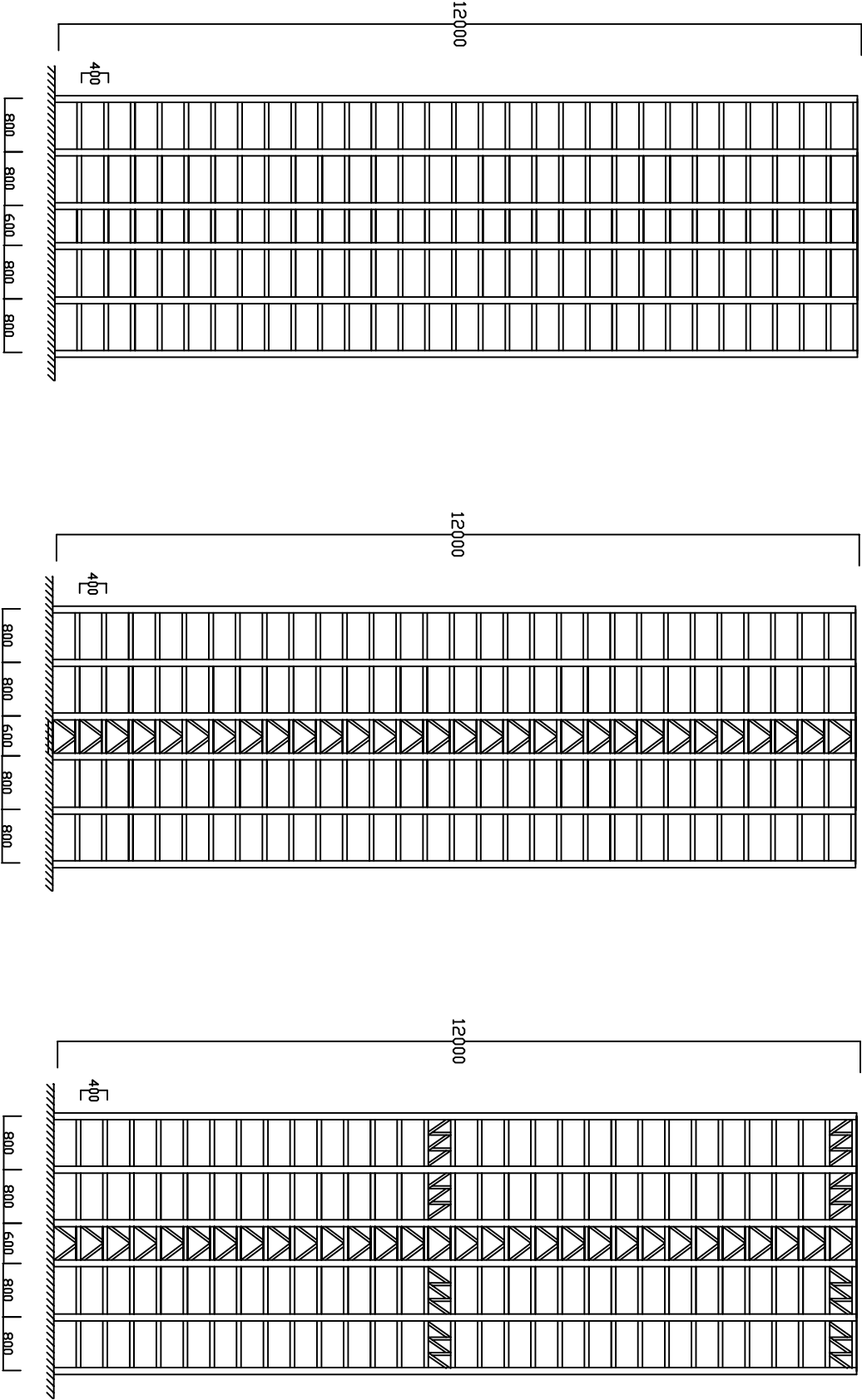
POTONGAN
MEMANJANG
BANGUNAN 30
LANTAI

SKALA

1 : 1000

LEMBAR JUMLAH

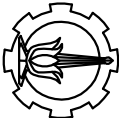
4 20



POT. MEMANJANG SRPMK 30 LT.
SKALA 1 : 1000

POT. MEMANJANG SRBK 30 LT.
SKALA 1 : 1000

POT. MEMANJANG SRBK +
OUTRIGGER 30 LANTAI
SKALA 1 : 1000



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRBK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Iranata, ST.MT,Ph.D
Ir. Heppy Kristijanto, MS.

MAHASISWA

Yenezkiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

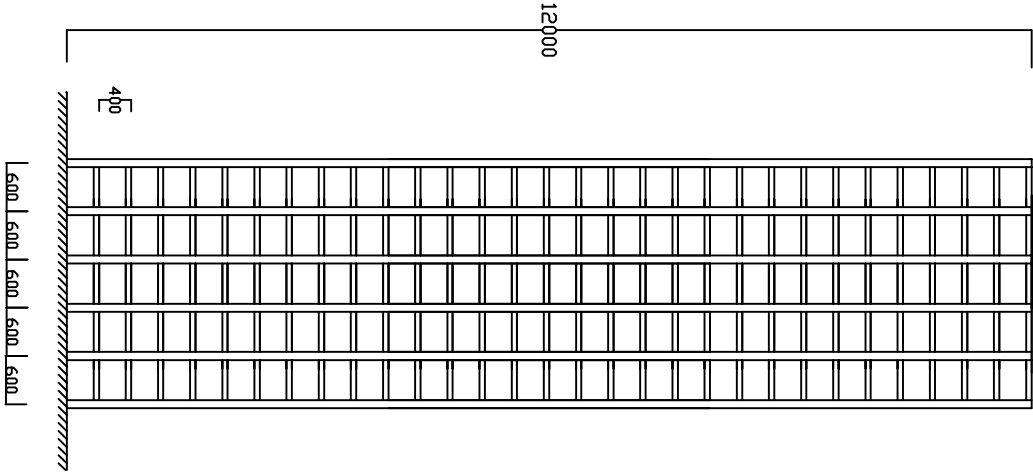
POTONGAN
MELINTANG
BANGUNAN 30
LANTAI

SKALA

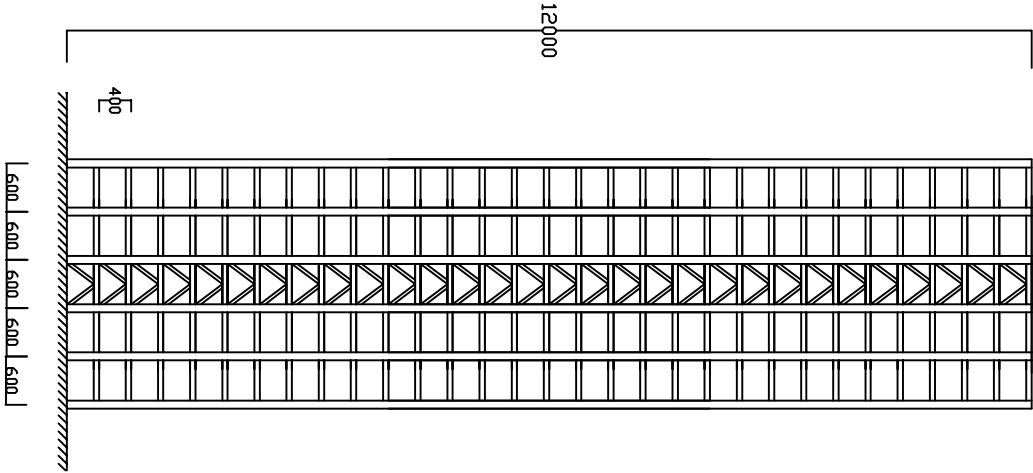
1 : 1000

LEMBAR JUMLAH

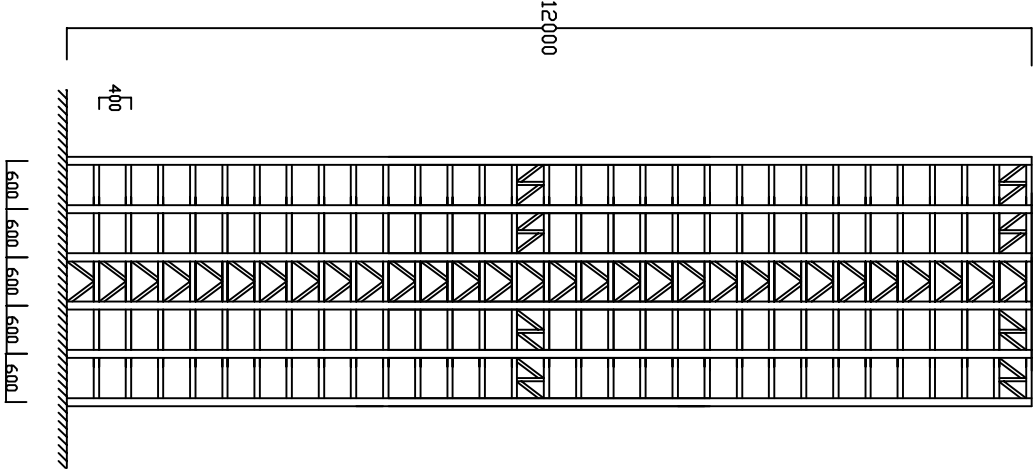
5 20



POT. MELINTANG SRPMK 30 LT.
SKALA 1 : 1000



POT. MELINTANG SRBK 30 LT.
SKALA 1 : 1000



POT. MELINTANG SRBK +
OUTRIGGER 30 LANTAI
SKALA 1 : 1000



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRBK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Irianata, ST.MT,Ph.D
Ir. Heppy Kristijanto, MS.

MAHASISWA

Yeheskiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

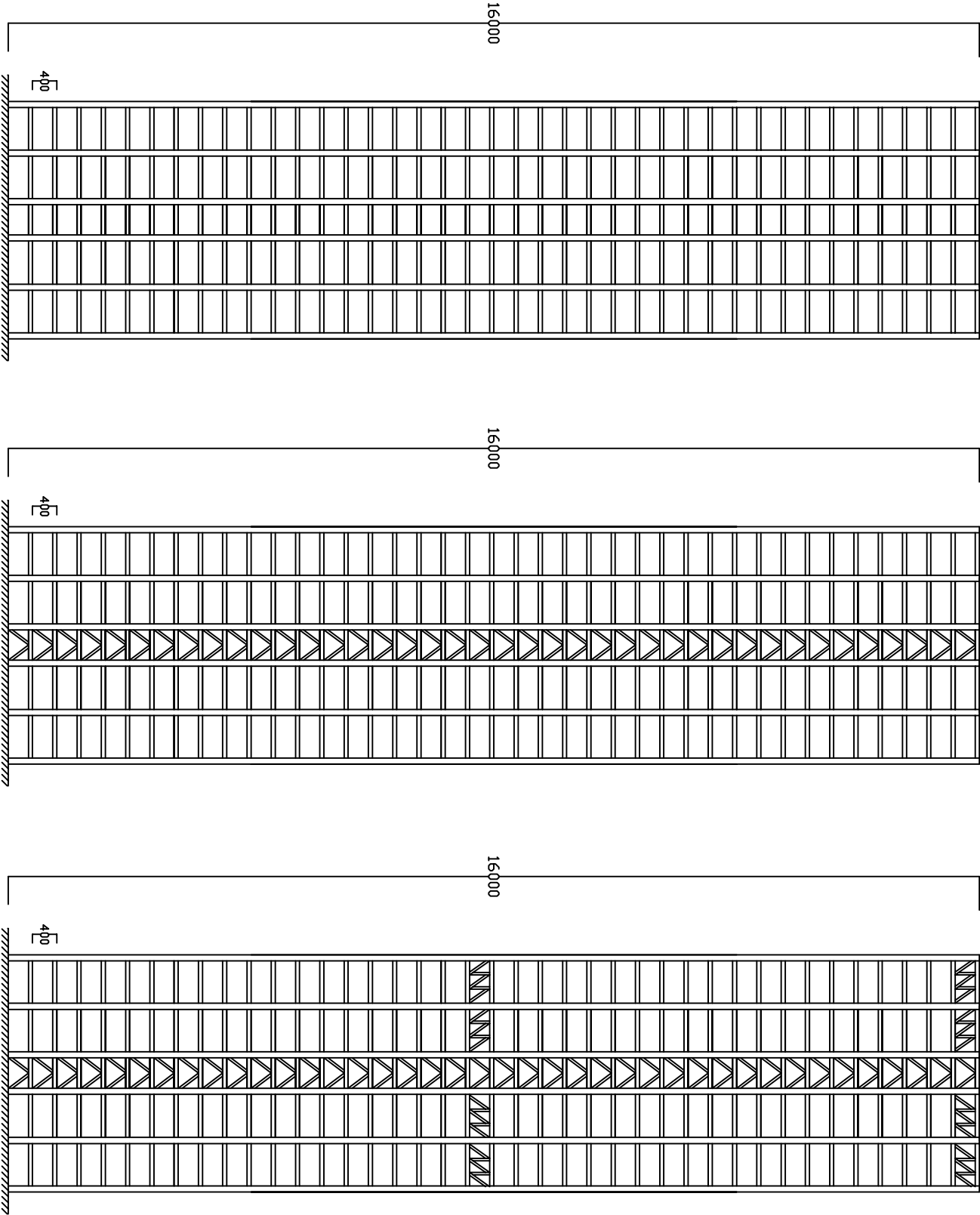
POTONGAN
MEMANJANG
BANGUNAN 40
LANTAI

SKALA

1 : 1000

LEMBAR JUMLAH

6 20

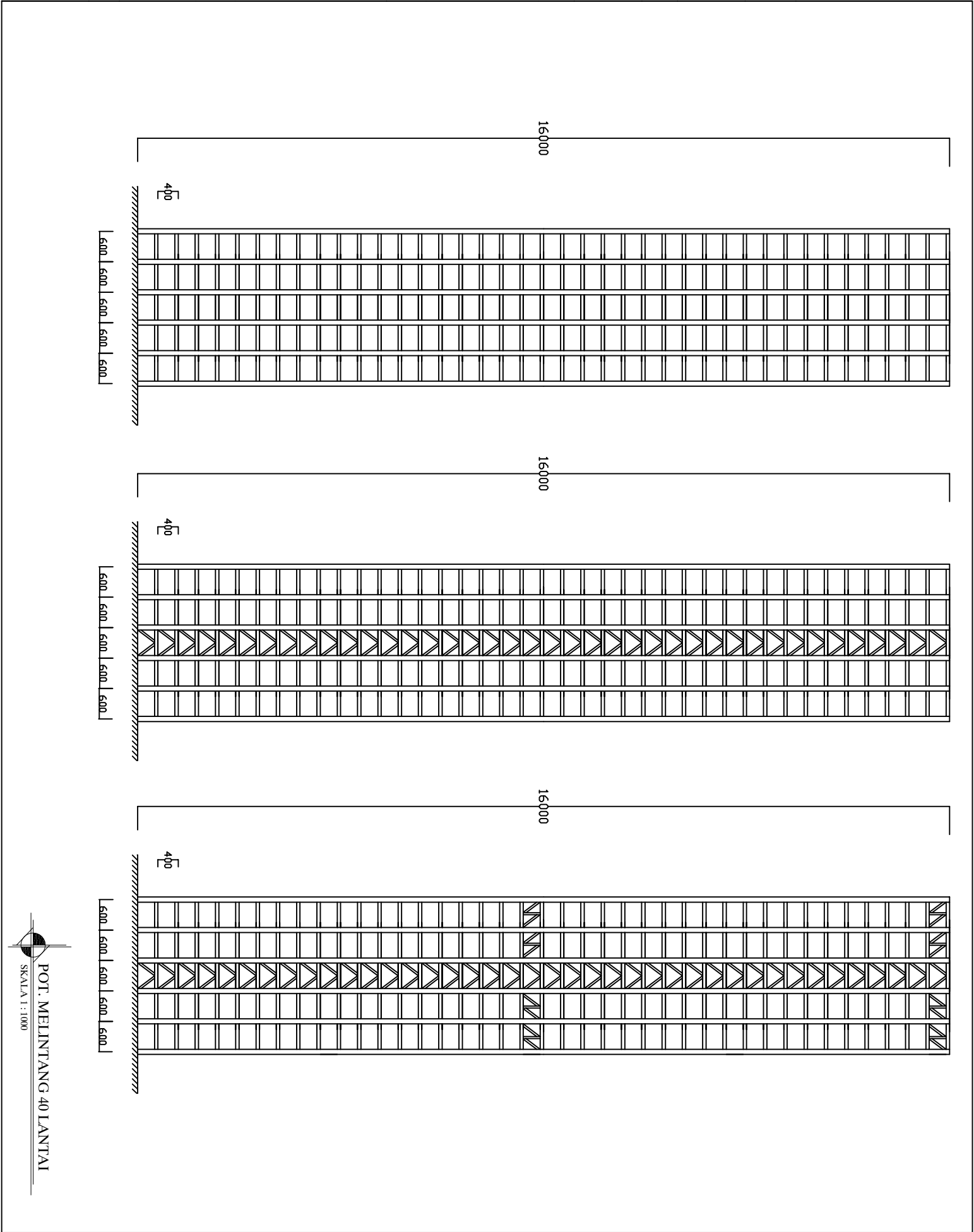


800 | 800 | 600 | 800 | 800

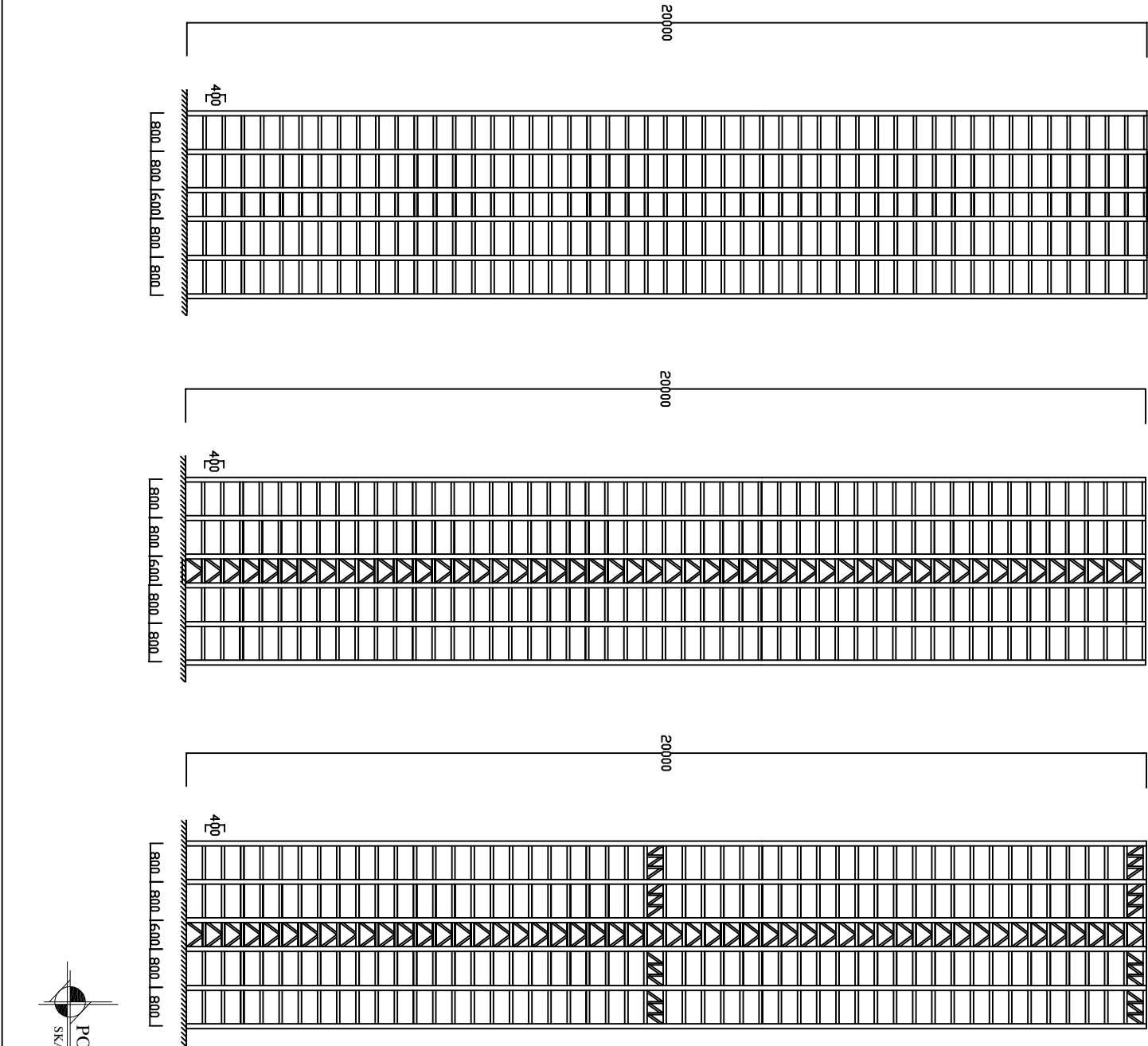
800 | 800 | 600 | 800 | 800

800 | 800 | 600 | 800 | 800

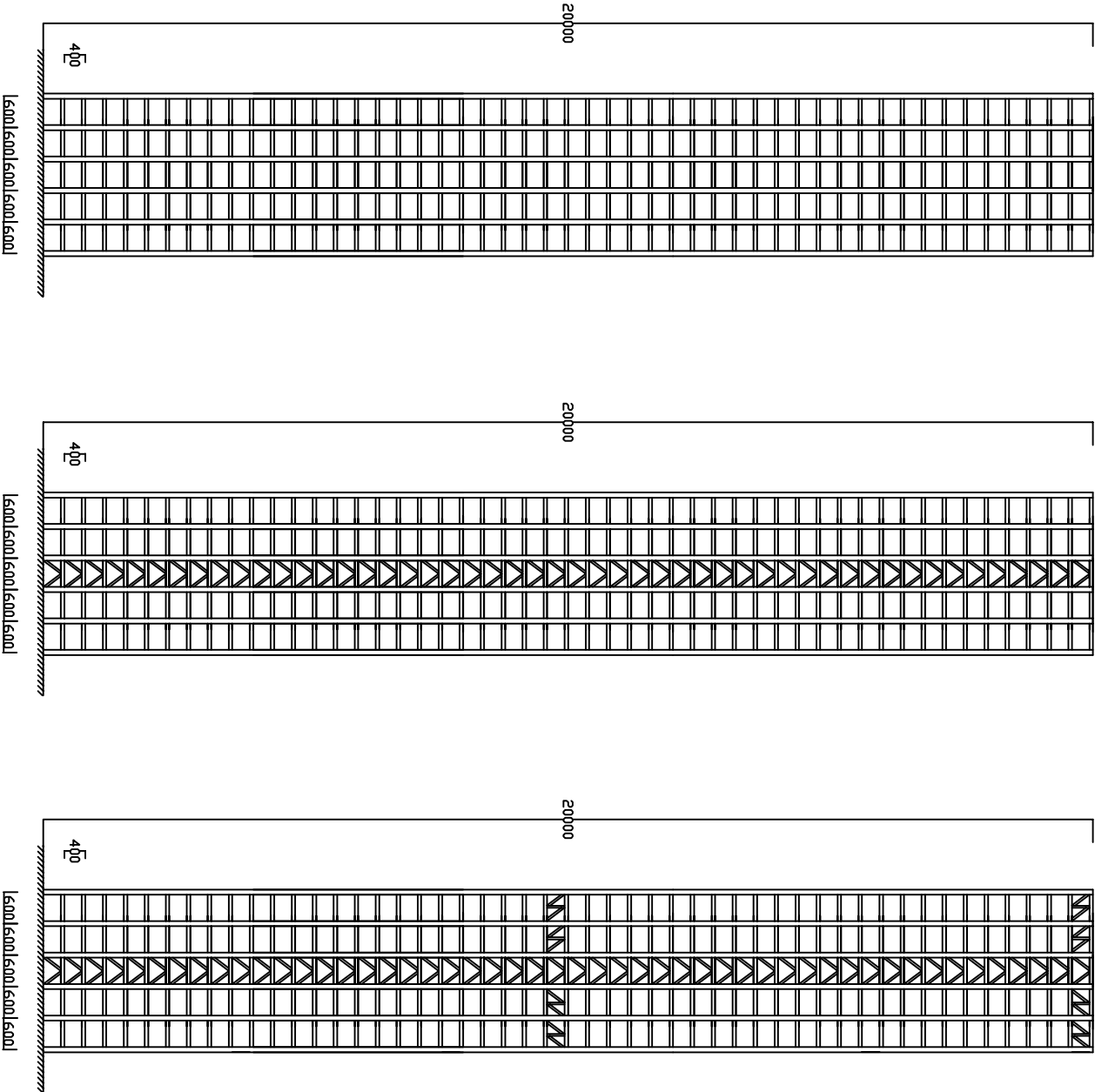
<p>JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	
<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p>	
<p>STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN MENGGUNAKAN SRPM, SRBK DAN SRBK MENGGUNAKAN OUTRIGGER</p>	
<p>DOSEN PEMBIMBING</p>	
<p>Data Irianata, ST, MT, Ph.D Ir. Heppy Kristijanto, MS.</p>	
<p>MAHASISWA</p>	
<p>Yenezkiel Septian Yoganata 3113106046</p>	
<p>JUDUL GAMBAR</p>	
<p>POTONGAN MELINTANG BANGUNAN 40 LANTAI</p>	
<p>SKALA</p>	
<p>1 : 1000</p>	
LEMBAR	JUMLAH
7	20



JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
JUDUL TUGAS AKHIR	
STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN MENGGUNAKAN SRPM, SRBK DAN SRBK MENGGUNAKAN OUTRIGGER	
DOSEN PEMBIMBING	
Data Irianata, ST, MT, Ph.D Ir. Heppy Kristijanto, MS.	
MAHASISWA	
Yeheskiel Septian Yoganata 3113106046	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MEMANJANG BANGUNAN 50 LANTAI	
SKALA	
1 : 2000	
LEMBAR	JUMLAH
8	20



JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
JUDUL TUGAS AKHIR	
STUDI PERBANDINGAN PERILAKU BANGUNAN MENGGUNAKAN SRPM, SRBK DAN SRBK MENGGUNAKAN OUTRIGGER	
DOSEN PEMBIMBING	
Data Iranaeta, ST, MT, Ph.D Ir. Heppy Kristijanto, MS.	
MAHASISWA	
Yenezkiel Septian Yoganata 3113106046	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG BANGUNAN 50 LANTAI	
SKALA	
1 : 2000	
LEMBAR	JUMLAH
9	20



POT. MELINTANG 50 LANTAI



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRBK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Irianata, ST, MT, Ph.D
Ir. Heppy Kristijanto, MS.

MAHASISWA

Yeheskiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
MEMANJANG
BANGUNAN 60
LANTAI

SKALA

1 : 2000

LEMBAR JUMLAH

10 20

POT. MEMANJANG 60 LANTAI

SKALA 1 : 2000



450

800 | 800 | 800 | 800 | 800

24000

450

800 | 800 | 800 | 800 | 800

24000

450

800 | 800 | 800 | 800 | 800

24000



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRBK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Irawata, ST, MT, Ph.D
Ir. Heppy Kristijanto, MS.

MAHASISWA

Yeheskiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

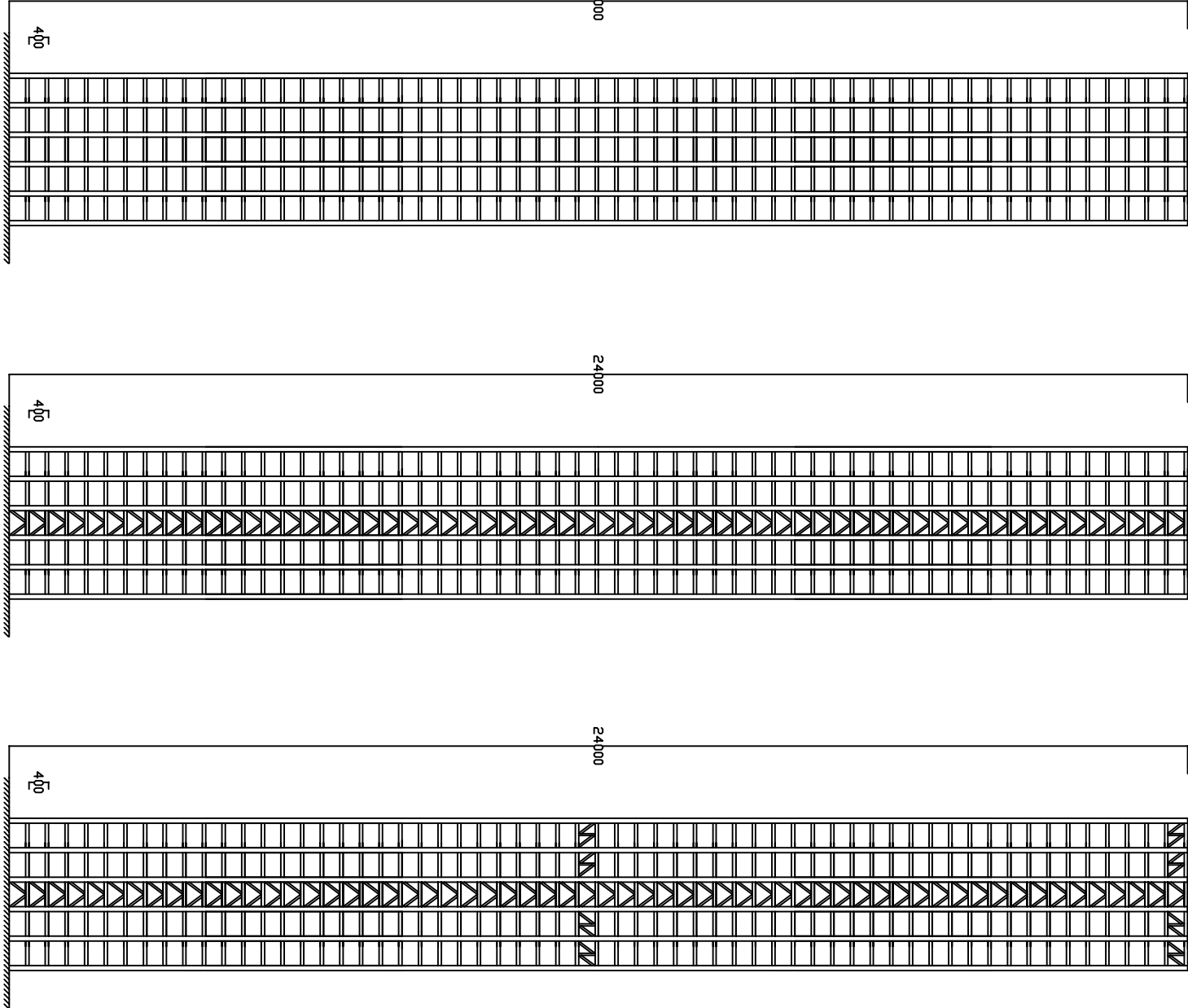
POTONGAN
MELINTANG
BANGUNAN 60
LANTAI

SKALA

1 : 2000

LEMBAR	JUMLAH
--------	--------

1120

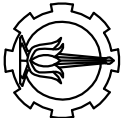


6000 6000 6000 6000 6000

6000 6000 6000 6000 6000

6000 6000 6000 6000 6000

POT. MELINTANG 60 LANTAI
SKALA 1 : 2000



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS
AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
PERILAKU BANGUNAN
MENGGUNAKAN SRPM, SRBK
DAN SRBK MENGGUNAKAN
OUTRIGGER

DOSEN PEMBIMBING

Data Imanata, ST, MT, Ph.D
Ir. Happy Kristijanto, MS.

MAHASISWA

Yeheskiel Septian
Yoganata
3113106046

JUDUL GAMBAR

DATA PROFIL
STRUKTUR
PRIMER PADA
SELURUH
VARIASI TINGG
GEDUNG

SKALA

-

LEMBAR JUMLAH

12 20

DATA PROFIL STRUKTUR UTAMA YG DIPAKAI :

SRPMK 20 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
11 - 20	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
BRESING = -		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK 20 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
11 - 20	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK + OUTRIGGER 20 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 200 x 12 x 20	900 x 900 x 16
11 - 20	600 x 200 x 11 x 17	900 x 900 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = WF 300 x 200 x 9 x 14		

SRPMK 30 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
11 - 20	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
21 - 30	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
BRESING = -		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK 30 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 12 x 27	900 x 900 x 16
11 - 20	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
21 - 30	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK + OUTRIGGER 30 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 200 x 12 x 20	900 x 900 x 12
11 - 20	600 x 200 x 11 x 17	800 x 800 x 12
21 - 30	600 x 200 x 12 x 20	700 x 700 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = WF 300 x 200 x 9 x 14		

SRPMK 40 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 14 x 23	1000 x 1000 x 19
11 - 20	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
21 - 30	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
31 - 40	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
BRESING = -		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK 40 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
11 - 20	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
21 - 30	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 16
31 - 40	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK + OUTRIGGER 40 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
11 - 20	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
21 - 30	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
31 - 40	600 x 200 x 11 x 17	700 x 700 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = WF 300 x 200 x 9 x 14		

SRPMK 50 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	700 x 300 x 13 x 20	1000 x 1000 x 22
11 - 20	600 x 300 x 14 x 23	1000 x 1000 x 19
21 - 30	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
31 - 40	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
41 - 50	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
BRESING = -		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK 50 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 14 x 23	1000 x 1000 x 19
11 - 20	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
21 - 30	600 x 300 x 12 x 27	900 x 900 x 16
31 - 40	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
41 - 50	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK + OUTRIGGER 50 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
11 - 20	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
21 - 30	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
31 - 40	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
41 - 50	600 x 200 x 11 x 17	700 x 700 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = WF 300 x 200 x 9 x 14		

SRPMK 60 LANTAI

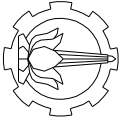
LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	700 x 300 x 13 x 24	1000 x 1000 x 25
11 - 20	700 x 300 x 13 x 20	1000 x 1000 x 22
21 - 30	600 x 300 x 14 x 23	1000 x 1000 x 19
31 - 40	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
41 - 50	600 x 300 x 12 x 27	900 x 900 x 16
51 - 60	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
BRESING = -		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK 60 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	700 x 300 x 13 x 20	1000 x 1000 x 22
11 - 20	600 x 300 x 14 x 23	1000 x 1000 x 19
21 - 30	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
31 - 40	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
41 - 50	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
51 - 60	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = -		

SRBK + OUTRIGGER 60 LANTAI

LANTAI	BALOK INDUK (WF)	KOLOM (CFT)
1 - 10	600 x 300 x 14 x 23	1000 x 1000 x 19
11 - 20	600 x 300 x 12 x 20	1000 x 1000 x 16
21 - 30	600 x 300 x 12 x 17	900 x 900 x 16
31 - 40	600 x 200 x 13 x 23	900 x 900 x 12
41 - 50	600 x 200 x 12 x 20	800 x 800 x 12
51 - 60	600 x 200 x 11 x 17	700 x 700 x 12
BRESING = WF 300 x 300 x 11 x 17		
BELTRUSS & OUTRIGGER = WF 300 x 200 x 9 x 14		



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

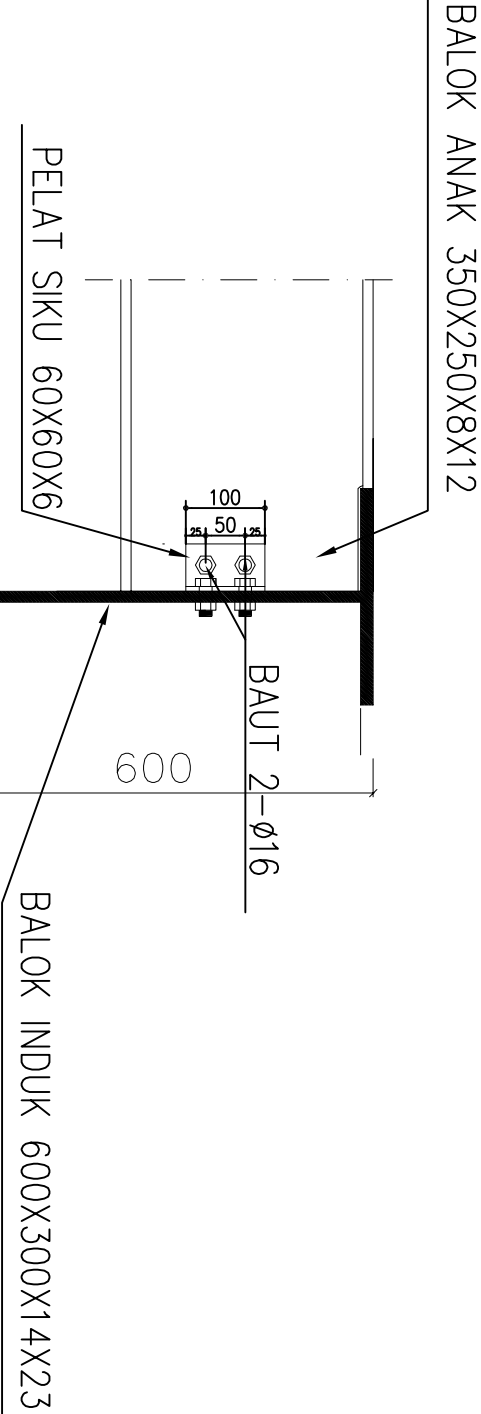
Judul Tugas Akhir

Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Penikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

- 1. Data Iranata, ST., MT., Ph.D
- 2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

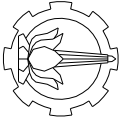
Keterangan



DETAIL SAMBUNGAN BALOK
INDUK DENGAN BALOK ANAK

Skala 1 : 10

Detail Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak		
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:10	13	20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Penikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

- 1. Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D
- 2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

Keterangan

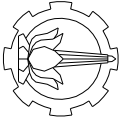


2000

DETAIL SAMBUNGAN BALOK
INDUK DENGAN BALOK ANAK

Skala 1 : 10

Detail Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak		
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:10	14	20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaa
Inititut Teknologi Sepuluh Nopember

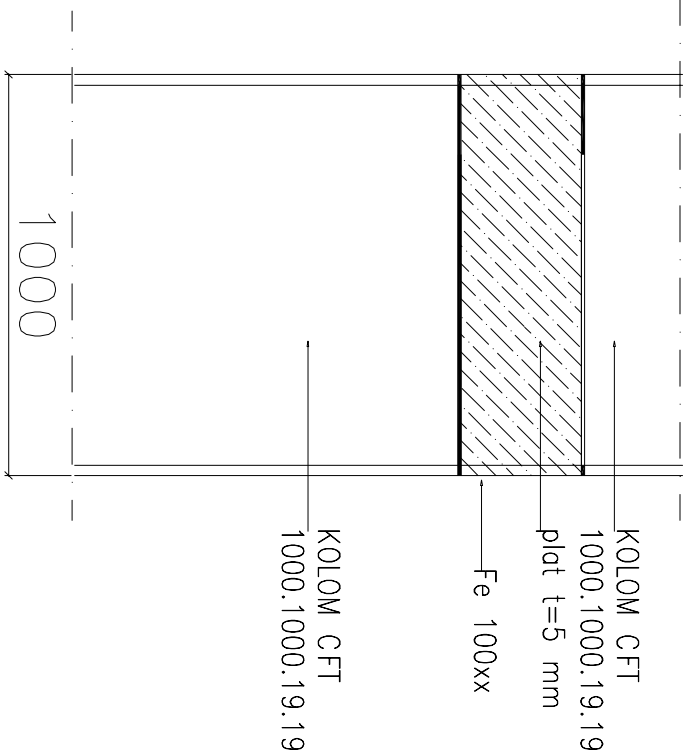
Judul Tugas Akhir

Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Penikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

- 1. Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D
- 2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

Keterangan

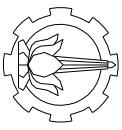


DETAIL SAMBUNGAN KOLOM
DENGAN KOLOM



Skala 1 : 20

Detail Sambungan Kolom dengan Kolom		
No Gambar	Jumlah Gambar	
1:20	15	20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

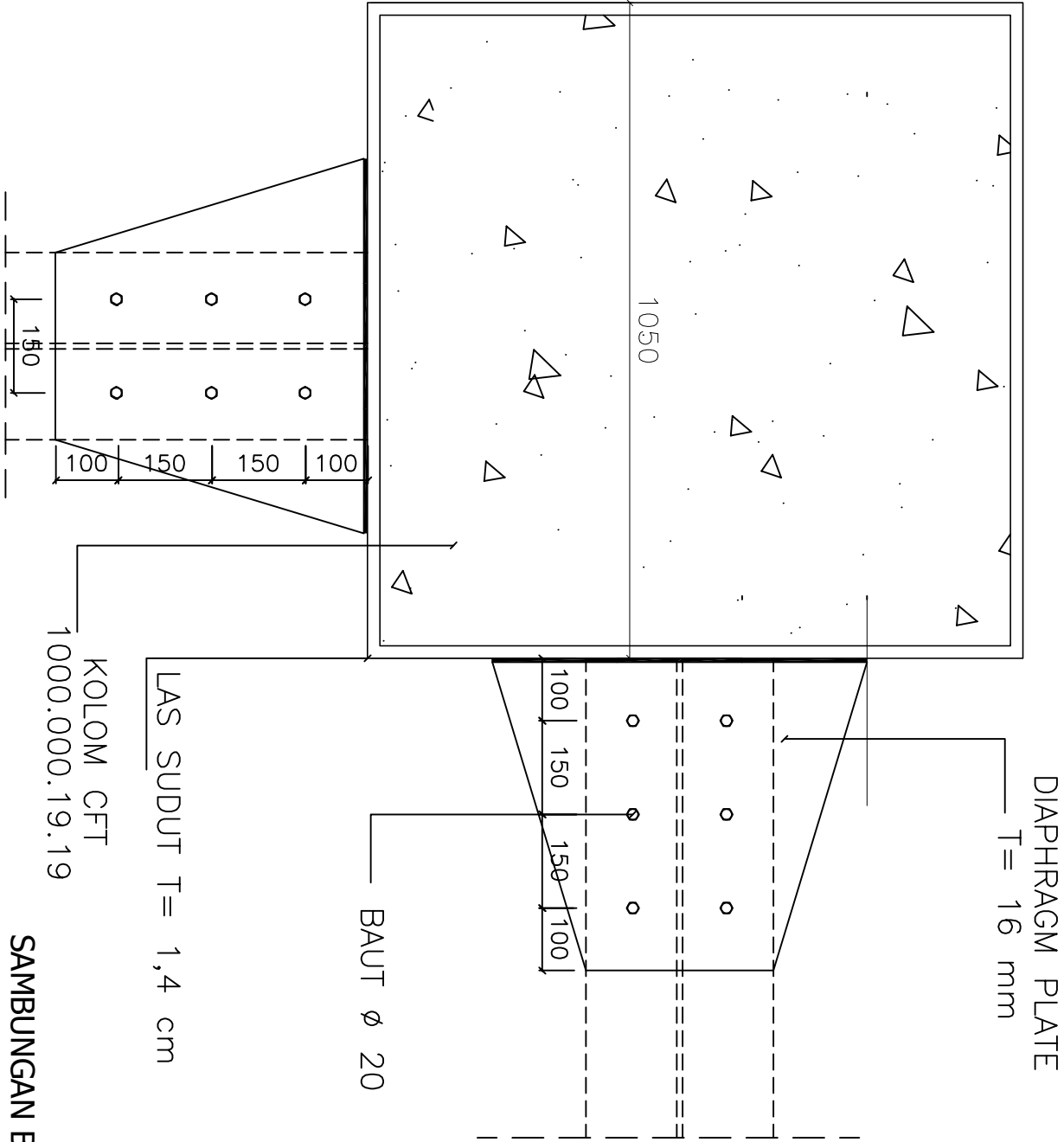
Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Pemikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

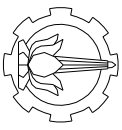
1. Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D
2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

Keterangan

Nama Mahasiswa & NRP		
Yehezkiel Septian Yoganata 3113106046		
Revisi	Tanggal	Catatan
Nama Gambar		
Sambungan Balok Induk dengan Kolom		
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:10	16	20



SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN KOLOM
Skala 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

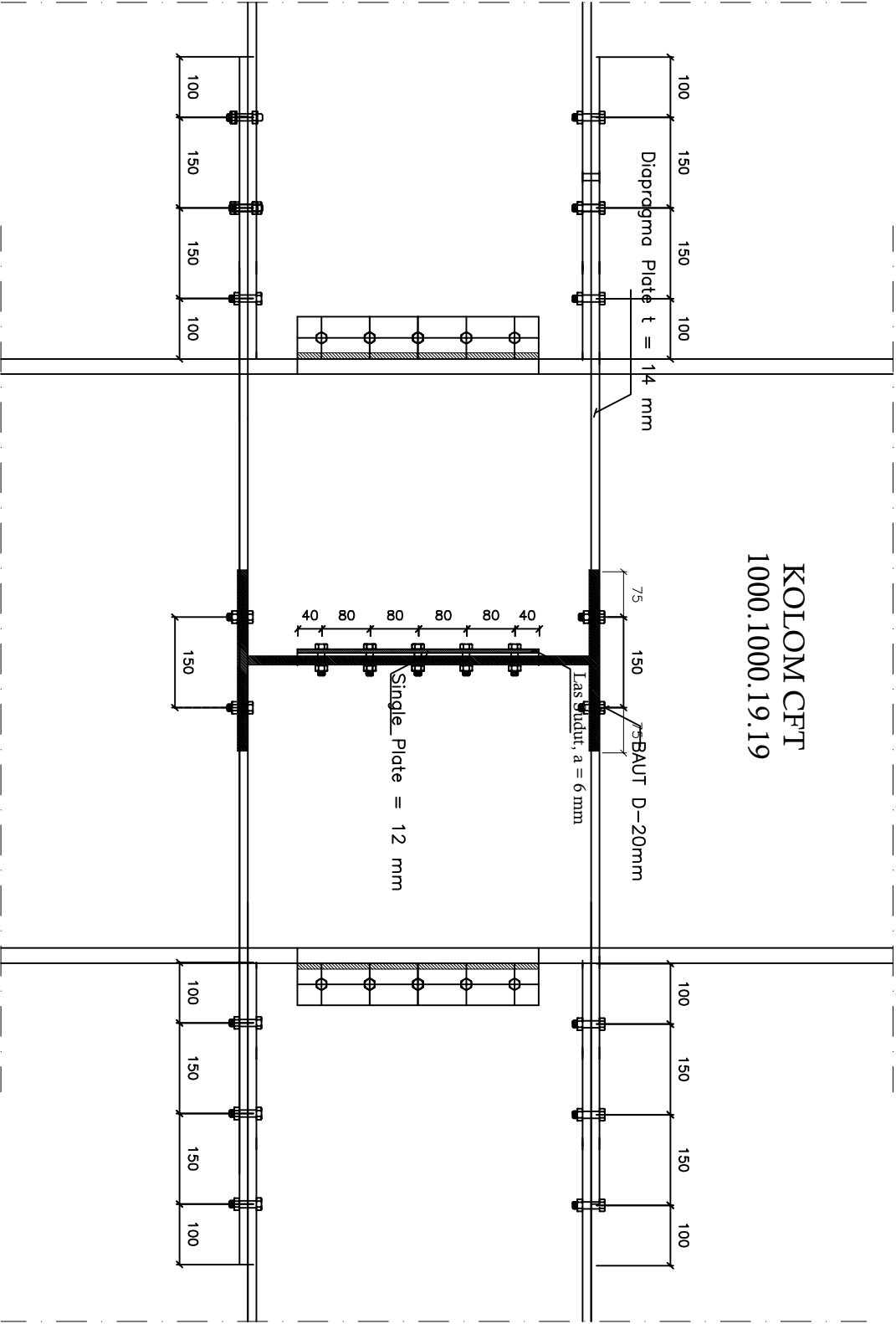
Judul Tugas Akhir

Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Penikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

1. Data Iranata, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

Keterangan



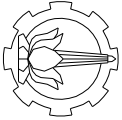
KOLOM CFT
1000.1000.19.19

SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM



Skala 1 : 10

Sambungan Balok Induk dengan Kolom		
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:10	17	20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

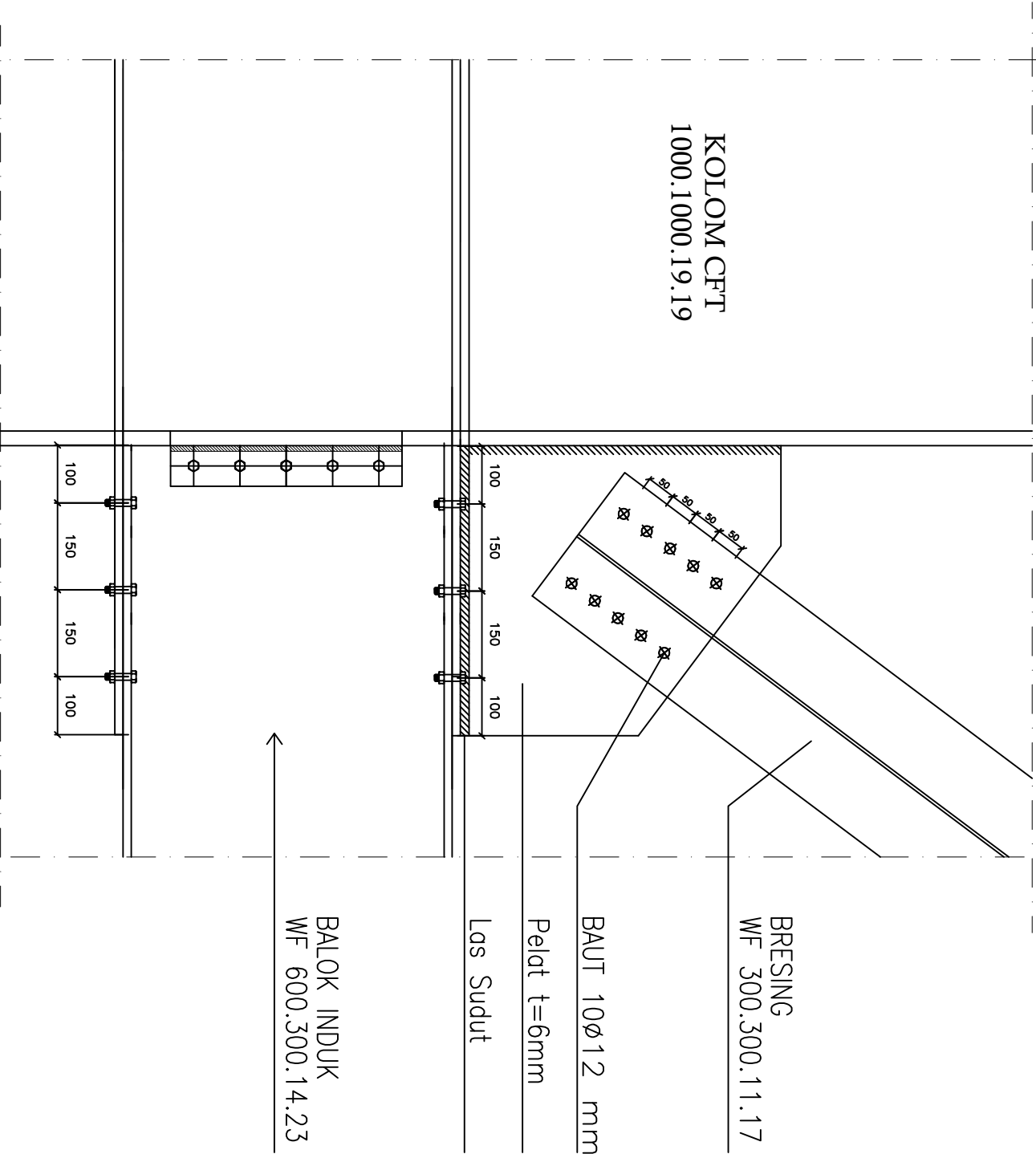
Judul Tugas Akhir

Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Penikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

1. Data Iranata, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

Keterangan



BALOK INDUK
WF 600.300.14.23

BRESING
WF 300.300.11.17

BAUT 10Ø12 mm

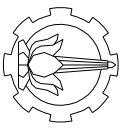
Pelat t=6mm

Las Sudut

SAMBUNGAN BRESING
DENGAN BALOK & KOLOM

Skala 1 : 10

No	Gambar	Jumlah
Skala	Gambar	Gambar
1:10	18	20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Penikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

1. Data Imanata, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Heppy Kristijanto, M.S.

Keterangan

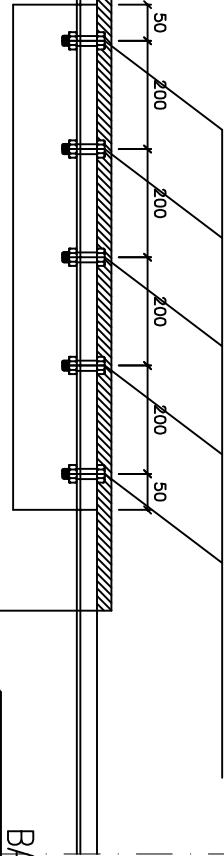
Nama Mahasiswa & NRP		
Yehezkiel Septian Yoganata 3113106046		
Revisi	Tanggal	Catatan
Nama Gambar		

Sambungan Bresing Dengan
Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:10	19	20

BALOK INDUK
WF 600.300.14.23

BAUT 5ø16 mm

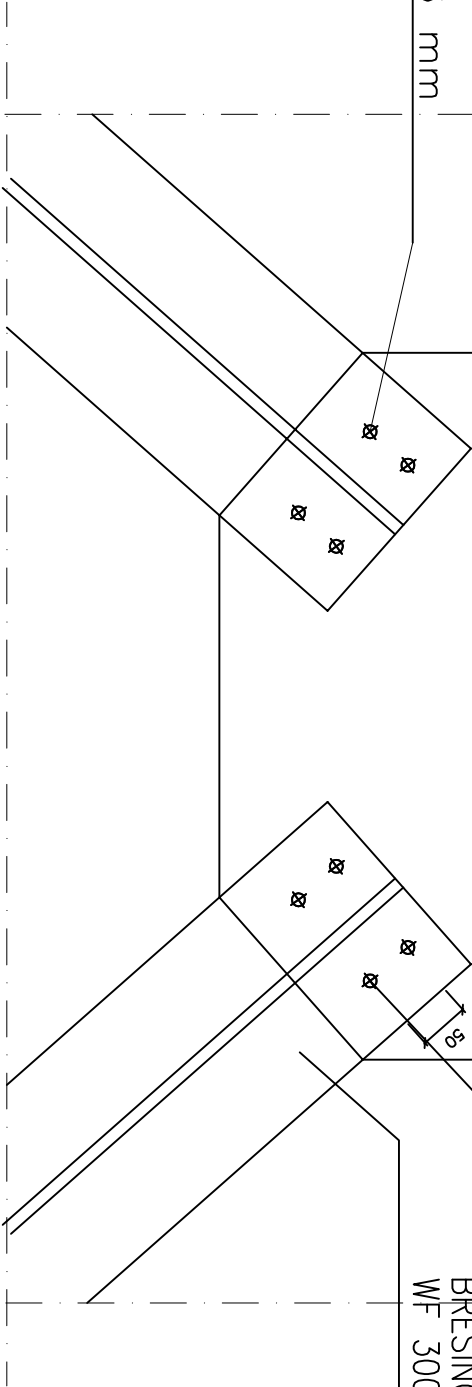


Pelat t=6mm

BAUT ø16 mm

BAUT ø16 mm

BRESING
WF 300.300.11.17



SAMBUNGAN BRESING
DENGAN BALOK INDUK



Skala 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Studi Perilaku Bangunan
Menggunakan Sistem Rangka
Penikul Momen, Sistem Rangka
Bresing Konsentrik, dan Sistem
Rangka Bresing Konsentrik
Menggunakan *Outrigger*

Dosen Pembimbing

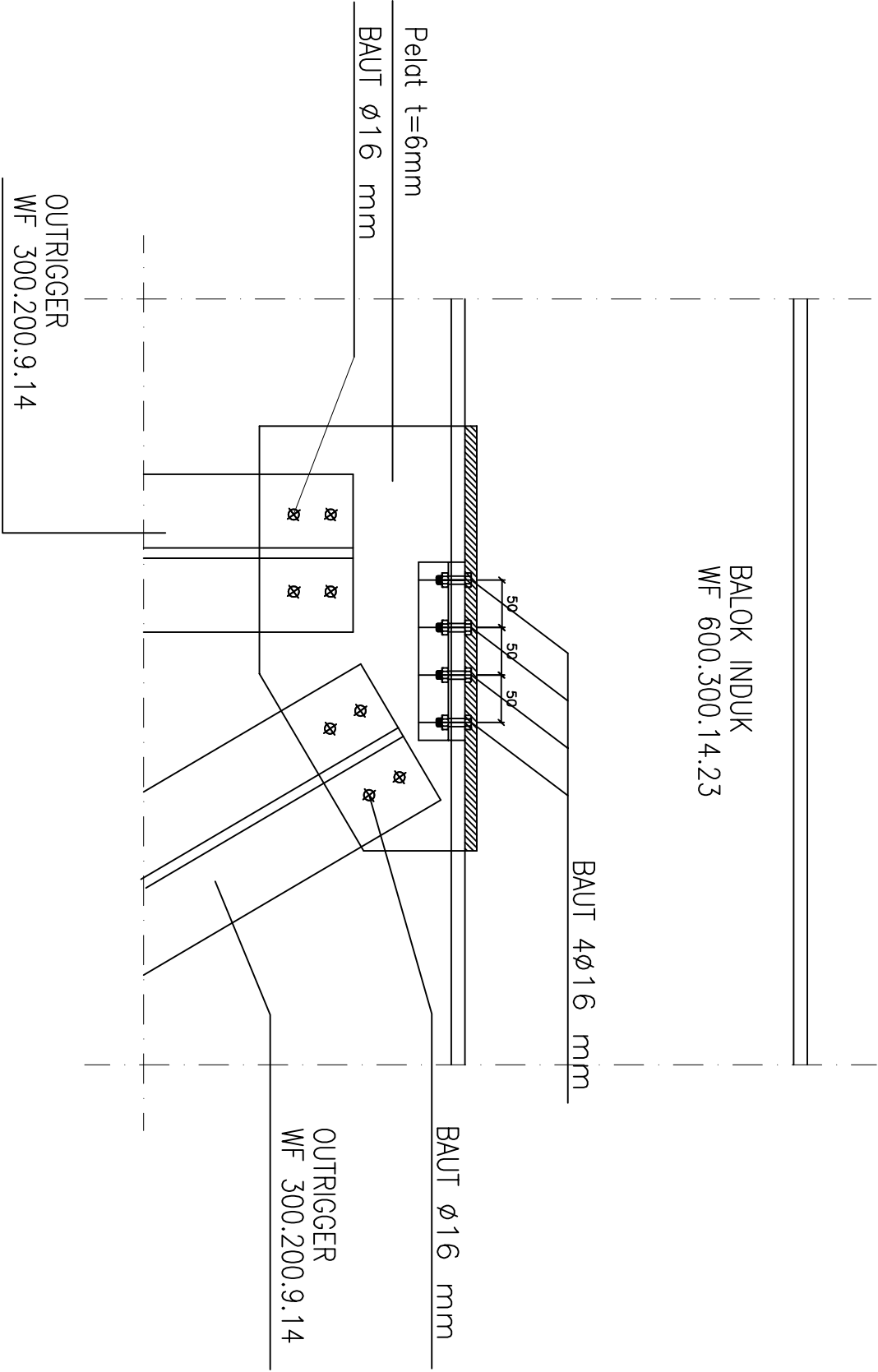
1. Data Iranata, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Heppy Kristianto, M.S.

Keterangan

Nama Gambar

Sambungan Outrigger Dengan
Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:10	20	20



SAMBUNGAN OUTRIGGER
DENGAN BALOK INDUK

Skala 1 : 10

Data Profil CFT

No	Ukuran		Tebal	Luas	Berat	Moment of Inertia	Moment of resistant	Radius of Gyration	
	B	D	t	A	W	$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$	$S_x = S_y$
	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³
1	700	700	12	326,53	256,33	256123,93	7317,83	28,01	8392,10
2	700	700	16	431,17	338,47	333598,29	9531,38	27,82	11001,83
3	700	700	19	508,26	398,99	389197,55	11119,93	27,67	12898,56
4	700	700	22	584,18	458,58	442686,59	12648,19	27,53	14743,80
5	700	700	25	658,90	517,24	494099,57	14117,13	27,38	16537,98
6	800	800	12	374,53	294,01	385667,75	9641,69	32,09	11030,36
7	800	800	16	495,17	388,71	503841,78	12596,04	31,90	14492,07
8	800	800	19	584,26	458,65	589164,10	14729,10	31,76	17018,77
9	800	800	22	672,18	527,66	671694,69	16792,37	31,61	19486,28
10	800	800	25	758,90	595,74	751472,82	18786,82	31,47	21895,00
11	900	900	12	422,53	331,69	552850,15	12285,56	36,17	14028,62
12	900	900	16	559,17	438,95	723931,65	16087,37	35,98	18462,31
13	900	900	19	660,26	518,31	848021,82	18844,93	35,84	21708,99
14	900	900	22	760,18	596,74	968543,59	21523,19	35,69	24888,76
15	900	900	25	858,90	674,24	1085541,31	24123,14	35,55	28002,03
16	1000	1000	16	623,17	489,19	1000267,89	20005,36	40,06	22912,55
17	1000	1000	19	736,26	577,97	1173370,71	23467,41	39,92	26969,21
18	1000	1000	22	848,18	665,82	1342033,28	26840,67	39,78	30951,24
19	1000	1000	25	958,90	752,74	1506305,04	30126,10	39,63	34859,05

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kediri, 5 September 1991, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Saka Nira Kediri, SDN Purwokerto 1 Kediri, SMPN 1 Ngadiluwih Kediri, dan SMAN 4 Kediri. Setelah lulus dari SMAN tahun 2010, Penulis mengikuti UMPN dan diterima di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang untuk jenjang D3 dengan mengambil bidang studi bangunan gedung, lalu pada tahun 2014 melanjutkan pendidikan jenjang S1

di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP. 3113106046.

Di Jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung.

Email: nata.yehezkiel@gmail.com

BAB VIII PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus, dan Sistem rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger dengan variasi tinggi gedung yaitu 20, 30, 40, 50, dan 60 lantai dan dimensi yang telah ditentukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada zona gempa tinggi dengan profil CFT dan profil WF yang digunakan, mampu menahan gaya geser dasar (base shear) yang terjadi, begitu juga pada Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus, dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger, meski dengan dimensi profil yang lebih kecil, bangunan-bangunan tersebut mampu menahan gaya geser dasar yang terjadi.

2. Perpindahan (Displacement)

Perpindahan yang dihasilkan pada tiap gedung dan tiap sistem yang digunakan berbeda-beda. Secara umum nilai simpangan antar tingkat untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus lebih besar dari kedua sistem yang lain. Sedangkan untuk analisa batas ultimate, bangunan 60 lantai pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus tidak memenuhi batas syarat maksimum, sedangkan untuk bangunan lantai 50,40,30,20 memenuhi syarat. Begitu pun untuk Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger, pada semua bangunan telah

memenuhi syarat atau lebih kecil syarat maksimum yang ditentukan. Hal ini berarti dengan menggunakan kedua sistem tersebut, maka lebih kecil kemungkinan terjadi displacement yang dapat mengakibatkan keruntuhan.

3. Dari analisa yang didapat, Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus menggunakan Outrigger mampu menahan gaya-gaya yang ada dibandingkan dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus meski dimensi profil yang digunakan lebih kecil dari kedua sistem yang lain.

8.2 Saran

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomis, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amon,dkk. 2000. **Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 1**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Badan Standarisasi Nasional. **SNI 1727-2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**.
- Badan Standarisasi Nasional. **SNI 1729-2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural**.
- Kian, Po Seng. 2001. **The Use of Outrigger And Belt Truss System for High-Rise Concrete Buildings**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil Universitas Petra.
- Oentoeng. 2000. **Konstruksi Baja**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil Universitas Petra.
- Poerbo, Hartono. 2000. **Struktur dan Konstruksi bangunan Tinggi**. Jakarta : Djambatan.
- Pudjisuryadi, Pamuda. 2006. **Studi Tentang Daktilitas Struktur Pada Sistem Shearwall Frame Dengan Belt Truss**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil Universitas Petra.
- Salmon CG and John E. Johnson . 1992. **Struktur Baja Desain Dan Perilaku Edisi 1**. Jakarta : PT.Gramedia Pustaka Umum.
- Sampakang,dkk. 2013. **Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok-Kolom dan Sambungan Struktur Baja Gedung BPJN XI**. Manado : Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Setiawaan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD**. Jakarta : Erlangga.
- Taranath, Bungale S.1997.**Steel, Concrete, And Composite Design Of Tall Building**. New York : MC Grow Hill.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kediri, 5 September 1991, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Saka Nira Kediri, SDN Purwokerto 1 Kediri, SMPN 1 Ngadiluwih Kediri, dan SMAN 4 Kediri. Setelah lulus dari SMAN tahun 2010, Penulis mengikuti UMPN dan diterima di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang untuk jenjang D3 dengan mengambil bidang studi bangunan gedung, lalu pada tahun 2014 melanjutkan pendidikan jenjang S1

di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP. 3113106046.

Di Jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung.

Email: nata.yehezkiel@gmail.com